NOVA ACTA LEOPOLDINA

Verhandlungen

der

Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher.

Nova acta Leopoldina

Ein und vierzigster Band. Erste Abtheilung.

Mit 15 Tafeln.

Halle, 1879.

Druck von E. Blochmann und Sohn in Dresden.

Für die Akademie in Commission bei W. Engelmann in Leipzig

NOVA ACTA

ACADEMIAE

CAESAREAE LEOPOLDINO-CAROLINAE GERMANICAE NATURAE CURIOSORUM.

TOMI QUADRAGESIMI PRIMI

PARS PRIOR.

CUM TABULIS XV.

HALIS SAXONUM, MDCCCLXXIX.

Ex officina E. Blochmanni et Filii

Dresdae.

Pro Academia apud W. Engelmann. Lipsiae.

GUILIELMO I

REGNI GERMANICI RESTITUTORI ET IMPERATORI GLORIOSISSIMO

BORUSSORUM REGI AUGUSTISSIMO POTENTISSIMO

ACADEMIAE CAESAREAE LEOPOLDINO-CAROLINAE GERMANICAE

NATURAE CURIOSORUM

PROTECTORI SUPREMO, AMPLISSIMO, CLEMENTISSIMO

HOC QUADRAGESIMUM PRIMUM NOVORUM ACTORUM VOLUMEN

SACRUM ESSE DESPONSUMQUE

VOLUIT ACADEMIA

PRAESIDE

HERMANNO KNOBLAUCH.

Inhalt des XLI. Bandes erster Abtheilung.

NOVA ACTA
der Ksl. Leop.-Carol.-Deutschen Akademie der Naturforscher
Band XLI. Pars I, Nr. 1.

Der Kreisprocess,

erzeugt

durch den Reactionsstrom der electrolytischen Ueberführung

und

durch Verdampfung und Condensation.

Von

Dr. James Moser
in Berlin.

Eingegangen bei der Akademie den 26. December 1878.

HALLE.
1879.
Druck von E. Blochmann & Sohn in Dresden.
Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Inhalt.

§ 1.

Der Reactionsstrom der Ueberführung.

Zur Erlangung einer klaren Uebersicht über das Gebiet der electromotorischen Kräfte der galvanischen Ketten ist vor Allem die Frage zu stellen und zu beantworten, inwieweit die electromotorische Kraft einer Kette chemischer Anziehungskraft und inwieweit der Anziehungskraft zwischen dem Wasser und den darin gelösten Verbindungen entspricht. Indem ich letztere beiden Kräfte einander gegenüberstelle, folge ich der gegenwärtigen Auffassung, die zwar beide Kräfte gemeinsam als Ursache von thermischen und electrischen Wirkungen, von Volumenänderungen u. s. w. betrachtet, aber unterscheidet zwischen chemischer Anziehungskraft einerseits, welche die verschiedenen Elemente nach dem Gesetz der multiplen Proportionen verbindet und der Anziehungskraft andrerseits, welche die gelösten Substanzen gleichmässig im Wasser in beliebiger Proportion vertheilt.[1])

Die Aufgabe ist also, die Wirkungen dieser beiden Kräfte zu trennen: Es ist entweder eine galvanische Kette herzustellen, in welcher nur chemische Anziehungskraft oder eine Kette, in welcher nur die Anziehungskraft zwischen dem Wasser und den gelösten Substanzen stromerzeugend wirkt.

Beobachtungen an Ketten der letzteren dieser beiden Arten will ich zunächst mittheilen. In der vorliegenden Abhandlung jedoch wird nur von Ketten, in welchen gar keine chemischen Differenzen bestehen und erst in einer folgenden von Ketten, in denen die Wirkungen vorhandener chemischer Differenzen sich aufheben, die Rede sein.

---

[1]) Anmerkung. Diese Gegenüberstellung zeigt, wie misslich die gegenwärtige Annahme einer Verschiedenheit der beiden Kräfte ist. Die Frage nach der Einerleiheit derselben, welche mit der vielfach erörterten nach der Existenz constanter Hydrate in wässrigen Lösungen zusammenfällt, ist jedoch noch durch Versuche zu entscheiden.

Bei der Herstellung einer Kette, in welcher nur die Anziehungskraft zwischen dem Wasser und der gelösten Substanz die treibende Kraft ist, waren also alle chemischen Prozesse auszuscheiden. Es durften nur Verschiedenheiten der Concentration vorhanden sein oder Aenderungen derselben während des Stromes eintreten. Ebenso mussten zur Eliminirung aller chemischen Wirkungen die Electroden aus demjenigen Metall bestehen, welches sich in der Lösung befand.

Zwei Gläser mit verschieden concentrirten Lösungen desselben Salzes wurden durch einen Heber verbunden und durch eine metallische Leitung mit den eben erwähnten Electroden der Kreis geschlossen. Dann beobachtete ich in allen untersuchten Fällen, bei Zink-, Kupfer-, Eisen-, Silber-Salzen, der Schwefel-, Salz-, Salpeter-, Essigsäure und vielen anderen, dass die Anziehungskraft zwischen dem Salz und dem Wasser allein und ganz analog der von ihr immer getrennt betrachteten chemischen Anziehungskraft einen Strom erzeugt, der gesetzmässig, in allen Fällen übereinstimmend, in der Flüssigkeit von der verdünnteren zur concentrirteren Lösung geht.[1])

Sein Schema ist:

Zn, verdünntes SO_4Zn, concentrirtes SO_4Zn, Zn.

Dieser Strom, der in der verdünnten Lösung Metall auflöst, in der concentrirten ausscheidet, dessen Arbeit darin besteht, dass die Concentrationen sich ausgleichen, verschwindet, wenn eine Gleichmässigkeit der Concentration erreicht ist. Er ist aufzufassen als Reactionsstrom gegen die Ueberführung der Ionen, wie der Polarisationsstrom Reactionsstrom gegen den Zersetzungsstrom ist. Denn, wird irgend ein Salz electrolysirt, so wird immer die Lösung an der Anode concentrirter, an der Kathode verdünnter. Meine Versuche ergeben, dass dann eine electromotorische Kraft auftritt, welche der der electrolysirenden Batterie entgegenwirkt.

Schon 1804, also 29 Jahre vor Faraday's Entdeckung der Ueberführung, hat C. F. Buchholz „eine merkwürdige Absonderung von Zinn in regulinischer Gestalt aus seiner Auflösung in Salz-Säure"[1]), auf welche derselbe Wasser gegossen hatte, beobachtet, die durch den Strom bewirkt war, welcher, wie ich eben zeigte, der Reactionsstrom gegen die Wanderung der Ionen ist.

---

[1]) Vorläufige Mittheilung dieses Stromes. Monatsberichte der Berliner Akademie 8. Nov. 1877.

Was die weitere Litteratur des Gegenstandes betrifft, so kann ich mich darauf beschränken, auf Herrn G. Wiedemann's Galvanismus und ausserdem auf die Arbeit des Herrn Bleekrode[2]) und auf die des Herrn Paalzow[3]) zu verweisen.

Im Allgemeinen durch Concentrationsunterschiede erzeugte Ströme werde ich im Folgenden kurz Concentrationsströme nennen.

Die electromotorischen Kräfte der Reactionsströme der Ueberführung, welche ich bis zu einem Fünftel Daniell beim Zinkchlorid beobachtete, mass ich nach dem von Herrn E. du Bois-Reymond abgeänderten Poggendorff'schen Compensationsverfahren.

Von der durch 1 Daniell erzeugten Potentialdifferenz D im Stromkreise DASBD (Fig. 1) wird ein Theil, der durch Verschieben von S auf AB geändert

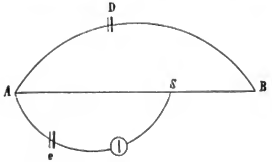


Fig. 1.

werden kann, auch in eine Nebenleitung AeS, in welcher sich die Concentrationskette von der Potentialdifferenz e befindet, so abgeleitet, dass er diese compensirt. Der Gesammtwiderstand der Hauptleitung DASBD sei W, der zwischen Anfang A und Ende S der Nebenleitung bei Stromlosigkeit in dieser w, dann ist die Potentialdifferenz zwischen A und S

$$\frac{w}{W} D.$$

Diese compensirt e:
$$e = \frac{w}{W} D.$$

[1]) Gehlen's Journal III.
[2]) 1871 Pogg. Ann. 142.
[3]) 1874 Pogg. Ann. Jubelband.

Schaltet man jetzt statt der Concentrationskette eine Kette von bekannter electromotorischer Kraft e_0 ein, zu deren Compensation w in w_0 geändert werden muss, so ist wiederum

$$e_0 = \frac{w_0}{W} D;$$

also

$$e = \frac{w}{w_0} e_0.$$

Bei meiner Versuchsanordnung (Fig. 2) lieferte den Hauptstrom, dessen Zweigstrom das eine Mal die electromotorische Kraft der Concentrationskette, das

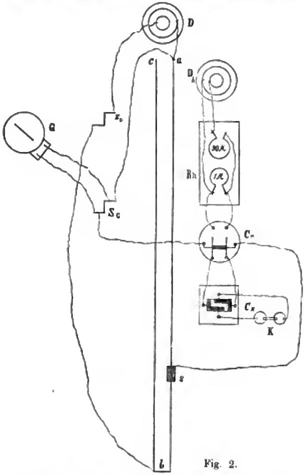


Fig. 2.

andere Mal $^1/_{91}$ der eines constanten Zink-Kupfer-Elements compensirte, ein gewöhnliches Daniell'sches Element, D. Um dieses, wenn nicht gemessen wurde,

leicht auseinander nehmen zu können, waren neben dasselbe zwei leere Gläser gestellt, eines für die Thonzelle, das andere für den Zinkcylinder bestimmt.

Von dem Kupferpol dieses Elementes D ging der Hauptstrom zunächst durch den Brückendraht a b und dann durch den Schlüssel s_D, mittelst dessen dieser Hauptstrom geschlossen und geöffnet werden konnte, zum Zinkpol des Daniell zurück.

Der Brückendraht bestand, um feinere Ablesungen an ihm machen zu können, aus Kupfer. Waren sehr kleine electromotorische Kräfte zu beobachten, so dass nur ein sehr kleiner Theil des Daniell zur Compensation erforderlich war, dann schaltete ich ausserdem noch den Neusilberdraht der Brücke b c ein, dadurch, dass ich in die Klemmschraube des Schlüssels s_D statt des nach b einen nach c führenden Leitungsdraht einfügte.

Bei grösseren Kräften wurde nur dieser Neusilberdraht angewandt und auf ihm abgelesen:

Zerlegen wir nämlich den Gesammtwiderstand W im Hauptstrom in den Theil zwischen Anfang und Ende der Nebenleitung w und den übrigen R, dann ist die electromotorische Kraft des Concentrationsstromes

$$e = \frac{w}{w + R} D = \frac{1}{1 + \frac{R}{w}} D.$$

Soll der abzulesende Widerstand w für kleine Werthe von e gross werden, dann muss R gross sein, was durch Hinzufügung des Neusilberdrahtes erreicht wird. Für grössere Werthe von e wird der Bruch dadurch desto mehr der Einheit genähert, je grösser man w im Verhältniss zu R macht, wenn man w also statt am Kupferdraht am Neusilberdraht der Brücke abliest.

Die compensirende Nebenleitung dieses Hauptstromes beginnt am Anfang des Brückendrahtes a, geht zum Schlüssel s_G, mittelst dessen das Galvanometer G ein- und ausgeschaltet wird, zu diesem Galvanometer und wieder zum Schlüssel s_G, führt dann zum Pohl'schen Quecksilbercommutator c_P, zu diesem durch die zu compensirende Kette zurück, um beim Schlitten S wieder im Brückendraht zu enden. Das Galvanometer, an dem ich beobachtete, hatte 20,800 Windungen. Je nach der Stellung des eben erwähnten Commutators c_P wurde das eine Mal die zu bestimmende electromotorische Kraft e der Concentrationskette k, das andere Mal eine bekannte electromotorische Kraft e_0 compensirt.

Diese Kraft $e_0 = \frac{1}{91}$ Daniell, wurde in der Weise hergestellt, dass von der electromotorischen Kraft eines sehr constanten Zink-Kupfer-Elements $\frac{1}{91}$ abgezweigt wurde.

Als Zink-Kupfer-Element diente mir ein sogenanntes hohes Daniell'sches, wie solche im hiesigen Laboratorium nach Herrn Helmholtz' Angabe angewandt werden:

Ein etwa 40 cm. hohes, 8 cm. weites cylindrisches Glasgefäss wird mit einem Holz- oder Korkpfropfen, der einen gewöhnlichen Zink-Hohlcylinder trägt, verschlossen. Durch die Mitte dieses Zinkcylinders führt ein durch eine Glasröhre bis zum Boden isolirter Kupferdraht, der am Boden frei und zu einer flachen Spirale aufgerollt ist. Das Glas wird mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt und auf den Boden einige Kupfervitriolcrystalle geworfen. So entsteht am Boden eine Lösung, die ausser Zinkvitriol auch Kupfervitriol enthält. Da diese specifisch schwerer als die darüber befindliche, nur zinkvitriolhaltige Lösung ist, so kann der Kupfervitriol nur durch Diffusion, also erst nach sehr langer Zeit zum Zinkcylinder gelangen und die electromotorische Kraft ändern.

In den Strom dieses Elements, D_h Fig. 2, wurde mittelst eines 99 Meilen Telegraphendraht haltenden Siemens'schen Stöpselrheostaten Rh, Fig. 2 ein Widerstand von 91 Meilen eingeschaltet und vom Anfang A bis Ende E einer dieser 91 Meilen ein Nebenstrom, auf welchem die Potentialdifferenz also sehr nahe $\frac{1}{91}$ Daniell betrug, abgezweigt. Dieser Strom ging zum Commutator C_p und kehrte, durch die oben beschriebene Nebenleitung des gewöhnlichen Daniell um das Galvanometer geführt, zum Commutator und nach E zurück.

Bei der Concentrationskette ist darauf zu achten, dass die Electroden vor jedem Versuche gut ausgeglichen sind, so dass, wenn sie in derselben Lösung sich befinden, das Galvanometer keinen Strom anzeigt. Ich stelle solche Electroden, bei denen es darauf ankommt, dass stets dieselben Stellen von der Flüssigkeit benetzt werden, jetzt leicht auf folgende Weise her. Von einem 6 cm. langen und 5 mm. breiten Blechstreifen werden die mittleren 4 cm. mit Wachs-Colophonium-Kitt so überzogen, dass sie vollständig (auch an den Kanten) isolirt sind. Die beiden freien, je 1 cm. langen Enden werden gut gereinigt, das eine amalgamirt und an das andere eine Klemmschraube befestigt. Zwei solche Electroden werden zunächst in ein Glas mit concentrirter

Lösung des Sulfates des betreffenden Metalles gestellt und der Stromkreis geschlossen.

Damit der Strom, durch welchen sich die Electroden ausgleichen, möglichst grosse Intensität habe, muss die metallische Leitung, welche die Klemmschrauben der Electroden verbindet, kurz sein; es ist daher das Galvanometer nur während der Ablesung einzuschalten. Nachdem die Electroden in der Sulfatlösung ausgeglichen sind, werden sie abgespült, getrocknet und kommen dann erst in eine concentrirte Lösung des zu untersuchenden Salzes und aus dieser, wieder in geeigneter Weise abgespült, in die verdünnten zu untersuchenden Lösungen. Hierbei ist ihre Gleichartigkeit wiederholt zu prüfen. Die erste Ausgleichung ist oft sehr zeitraubend; weitere oft schon in den verdünnten Lösungen erreichbar. Einmal ausgeglichene Electroden lasse ich daher nicht ungeschlossen und nicht lange in verschiedenen Salzlösungen stehen. Die Flüssigkeiten befanden sich meist in Gläsern von 5 cm. Durchmesser und ebenso grosser Höhe; in letzter Zeit habe ich auch U-Röhren von 15 mm. Durchmesser und 6 cm. Höhe angewandt. Als Heber empfehlen sich 10 mm. weite Röhren mit engen, jedoch nicht capillaren Oeffnungen; dann kann man den gefüllten Heber emporheben, ohne dass Flüssigkeit ausfliesst.

In den Concentrationsstrom ist noch ein Rühmkorff'scher Stromwender C_R eingeschaltet, der indessen für die in dieser Abhandlung mitgetheilten Ströme nicht in Betracht kommt.

Nach dieser Methode und mit diesen Apparaten bestimmte ich zunächst die zehn electromotorischen Kräfte zwischen je zwei von fünf Lösungen von Zinksulfat. Ich stelle in der folgenden Tabelle diese electromotorischen Kräfte zusammen, wobei die Einheit nahe 0,001 Daniell ist.

Zinksulfat.

100 Th. Lösung enthalten $ZnSO_4 + 7 H_2O$	15 %	30 %	45 %	60 %
1 %	18	22	28	36
15 %		5	13	21
30 %			7	17
45 %				9

Diese Zahlen zeigen, dass eine Spannungsreihe besteht, d. h. dass es nur auf die Concentration der Endlösungen ankommt. Denn es ist z. B. die electromotorische Kraft

zwischen 15 und 30 procentiger Lösung 5,
" 30 " 60 " " 17,
" 15 " 60 " " 21.

Dieses Gesetz einer Spannungsreihe bestätigte ich dann dadurch, dass ich beispielsweise fünf Gläser, von denen das 1., 3., 5. gleich starke Lösung von 45 %, das 2. stärkere von 60 %, das 4. schwächere von 15 % enthielt, durch vier Heber hintereinander verband. Ich tauchte die eine Electrode in Glas 1, die zweite der Reihe nach in 2, 3, 4, 5. Beim Eintauchen dieser zweiten Electrode in Glas 2 und 4 ergaben sich jedesmal Ablenkungen, von denen die eine durch die electromotorische Kraft 9 zwischen 45- und 60 procentiger Lösung, die andere Ablenkung durch die Kraft 13 zwischen 45 und 15 procentiger Lösung in entgegengesetzter Richtung hervorgerufen wurde. Beim Eintauchen der zweiten Electrode in 3 und 5 erhielt ich keinen Strom, denn die Concentrationen der Endlösungen waren gleich.

Ich will hier schon erwähnen, dass zwischen die beiden Endlösungen auch irgend ein anderes Sulfat geschaltet werden kann, ohne dass sich die electromotorische Kraft ändert.

Diese Versuche machte ich auch an einer Reihe anderer Salze. So bestimmte ich die fünfzehn electromotorischen Kräfte zwischen je zwei von sechs Kupfersulfat-Lösungen.

Kupfersulfat.

	B.	C.	D.	E.	F.
A.	10	16	21	25	27
B.		6	11	15	17
C.			5	9	11
D.				4	6
E.					2

F war eine Lösung, die in 100 Theilen 30 Theile crystallisirten Salzes ($CuSO_4 + 5\,H_2O$) enthielt. Von dieser Lösung waren 100 Volumtheile in E mit $33^1/_3$, in D mit 100, in C mit 300, in B mit 700, in A mit 2900 Volumtheilen Wassers versetzt.

Für Chlorzink- und für Jodcadmium-Lösungen, bei denen der Gehalt an wasserfreiem Salz der concentrirtesten durch das specifische Gewicht nach den Tabellen von Hoffmann-Schaedler bestimmt und deren verdünntere durch geeignete Mischung dieser concentrirten Lösung mit Wasser hergestellt waren, ergaben sich folgende Werthe.

Chlorzink.

Anode gr $Zn\,Cl_2$ auf 100 gr H_2O	Kathode gr $Zn\,Cl_2$ auf 100 gr H_2O	Electromotorische Kraft in 0,001 D
1	3	18,1
3	5	8,8
5	10	12,1
10	15	8,0
15	20	5,5
20	25	6,2
25	50	24,5
50	75	26,8
75	100	24,7
100	125	27,9
125	150	30,6

Jodcadmium.

Anode gr $Cd\,J_2$ auf 100 gr Wasser	Kathode gr $Cd\,J_2$ auf 100 gr Wasser	Electromotorische Kraft in 0,001 D
1	2	4,1
2	3	3,0
3	5	4,6
5	10	6,0
10	15	4,6
15	20	3,1
20	40	10,5
40	60	8,0
60	80	7,0

Durch diese electromotorischen Kräfte ist die Arbeit der Ströme direct bestimmt.

§ 2.

Theorie des Kreisprozesses, erzeugt durch den Reactionsstrom der Ueberführung und durch Verdampfung und Condensation.

Die Arbeit dieser Ströme könnte indirect gemessen werden durch die Wärmewirkungen und Volumenänderungen, die sich beim Mischen verschiedener Lösungen desselben Salzes beobachten lassen.

Herr Helmholtz[1]) hat indessen einen Kreisprozess, bei dem die durch den Concentrationsstrom bewirkte Aenderung der ursprünglichen Concentration durch Dampfentziehung und -Zuführung wieder rückgängig gemacht wird, theoretisch untersucht und hierbei die Abhängigkeit der von mir gefundenen electromotorischen Kräfte, der Hittorf'schen Ueberführungszahlen und der Dampfspannungen der Salzlösungen von einander dargestellt, während ich mich mit der Construction eines Apparates zur Ermittelung der in Betracht kommenden geringen Dampfspannungen und mit deren Messung beschäftigte:

Nach Herrn Hittorf's Vorgange können wir uns die Wanderung der Ionen im Wasser bei einem gewöhnlichen electrolytischen Prozess, also etwa der Galvanoplastik, auf folgende Art veranschaulichen:

Vor der Wanderung sei die Anordnung diese:

```
qw qw qw qw qw | qw qw qw qw qw
 a  a  a  a  a |  a  a  a  a  a
 k  k  k  k  k |  k  k  k  k  k
```

Hierbei bezeichne a ein Aequivalent des Anions, z. B. SO_4, k ein Aequivalent des Kations, z. B. Cu, qw die damit verbundenen q Gramm Wasser. Nachdem der electrolysirende Strom einige Zeit hindurchgeflossen, sollen sich diese a, k, qw in folgender Weise gegen einander verschoben haben.

```
         qw qw qw qw qw | qw qw qw qw qw
 a  a  a  a  a |  a  a  a  a  a
             k  k  k  k  k |  k  k  k  k  k
```

[1]) Berl. Acad.-Ber. 26. 11. 1877. Wied. Ann. 3.

Nehmen wir das Wasser als ruhend an und fassen wir besonders die Mitte des Wassers ins Auge, dann verhält sich im obigen Beispiel die über die Mitte fortgeführte Anzahl von Aequivalenten des Kations zu der für k und a gleichen Zahl der freigewordenen Aequivalente wie 1 : 3, die Zahl der in entgegengesetzter Richtung über die Mitte des Wassers geführten Aequivalente des Anions zur Zahl der frei gewordenen wie $(3-1):3 = 2:3$. Ist ein Aequivalent frei geworden, was durch die electrostatische Stromeinheit in der Zeiteinheit bewirkt wird, dann ist $\frac{1}{3}$, allgemein $\frac{1}{n}$ Aequivalent Kation und $1-\frac{1}{3}$, allgemein $1-\frac{1}{n}$ Aequivalent Anion übergeführt worden.

Diese Zahlen $\frac{1}{n}$ und $1-\frac{1}{n}$ nennt Herr Hittorf Ueberführungszahlen des Kations, beziehentlich des Auions.

Für den Kreisprozess betrachten wir diese relative Bewegung von a, k, qw so, dass wir das Anion, insbesondere die Mitte von a, in Ruhe annehmen. Dann haben sich in unserm Beispiel, wenn 3 k zur Kathode geführt sind, 2 qw in demselben Sinne bewegt, d. h. für 1 k, $\frac{2}{3}$ qw: Allgemein für jedes ausgeschiedene Aequivalent sind $(1-\frac{1}{n})$ q Gramm Wasser zur Kathode geführt worden.

Diejenigen, welche nach Herrn Hittorf über Ueberführung gearbeitet haben, wie die Herren G. Wiedemann, F. Kohlrausch und in der eben erwähnten Abhandlung Herr Helmholtz, bezeichnen die Hittorf'sche Ueberführungszahl $\frac{1}{n}$ mit n. Da ich mich hier letzterer Abhandlung anschliesse, werde ich auch die Ueberführungszahl (im Beispiel $^1/_3$) im Folgenden n nennen. Dann sind also, wenn ein Aequivalent, und zwar durch die Stromeinheit in der Zeiteinheit, ausgeschieden ist,

$$q\,(1-n) \text{ gramm Wasser}$$

übergeführt worden.

Wir hatten oben gesehen, dass die Arbeit des Reactionsstroms der Ueberführung, welche Arbeit wir jetzt feststellen, in Ueberführung, durch welche sich eine gleichmässige Concentration herstellt, bestand.

Durch den Concentrationsstrom (Zn, verdünntes SO_4 Zn, concentrirtes SO_4 Zn, Zn) ist die verdünnte Lösung concentrirter, die concentrirte verdünnter geworden. Wenn wir die ursprüngliche Ungleichheit, deren Abnahme die erhaltene Stromarbeit entspricht, wieder herstellen wollen, dann müssen wir eine

dieser erhaltenen gleiche Arbeit darauf verwenden, der concentrirten, verdünnter gewordenen Lösung das zugeführte Wasser durch Verdampfen zu nehmen und dieses Wasser der verdünnten, concentrirter gewordenen, durch Condensation zurückzugeben. Denn, indem wir den concentrirteren, stark Wasser anziehenden Theilen, deren Dampf geringeren Druck, mithin grösseres Volumen hat, Dampf entziehen und diesen Dampf den verdünnteren, schwach Wasser anziehenden Theilen, deren Dampf stärkeren Druck, daher kleineres Volumen hat, zuführen, leisten wir Arbeit.

Für 1 gr. Wasser beträgt diese Arbeit unter der Annahme, dass die Wasserdämpfe bei den Temperaturen der Untersuchung bis zu 30° dem Mariotte-Gay Lussac'schen Gesetze folgen, wenn p den Druck des gesättigten Dampfes über der Lösung, V das Volumen eines Grammes Dampf bei diesem Druck bezeichnet,

$$\int_k^a V dp.$$

Die Grenzen a, k sollen andeuten, dass von der verdünnten Lösung an der Anode bis zu der concentrirten an der Kathode zu integriren ist, welche Endlösungen — dies sei hier wiederholt — die Grösse der elektromotorischen Kraft bedingen.

Für q (1—n) gr. Wasser, welche, wie wir oben sahen, durch die Stromeinheit übergeführt werden, beträgt diese Arbeit der Verdampfung und Condensation demnach

$$\int_k^a q \, . \, (1-n) \, V dp.$$

Nun ist andrerseits die Arbeit des Concentrationsstromes, wie die jedes electrischen Stromes, in der Zeiteinheit gleich dem Produkte aus Intensität in Potentialdifferenz

$$J \, (P_k - P_a);$$

also die der Stromeinheit

$$P_k - P_a.$$

Für die Arbeit dieser electrostatischen Stromeinheit haben wir mithin die Beziehung

$$P_k - P_a = \int_k^a q \, (1-n) \, V dp$$

und demnach für die Arbeit der electromagnetischen Einheit ($gr^{\frac{1}{2}}\ cm^{\frac{1}{2}}\ sec^{-1}$), wenn $\mathfrak{C}$ die von Herrn Wilhelm Weber bestimmte Geschwindigkeit bedeutet

$$\mathfrak{C}\,(P_k - P_a) = \mathfrak{C}\int_k^a q\,(1-n)\,V dp.$$

Bezeichnen wir die electromotorische Kraft eines Daniell'schen Elements in electromagnetischem Maass mit

$$\mathfrak{A}_D = 109\ 540\ 000\ \frac{cm^{\frac{3}{2}}\ gr^{\frac{1}{2}}}{sec^2}$$

nach den Bestimmungen des Herrn Friedrich Weber und die von mir beobachteten electromotorischen Kräfte, deren Einheit 0,001 D ist, mit A, so wird

$$A\,\frac{\mathfrak{A}_D}{1000} = \mathfrak{C}\,(P_k - P_a) = \mathfrak{C}\int_k^a q\,(1-n)\,V dp. \tag{1}$$

Diese Gleichung zeigt die Abhängigkeit der electromotorischen Kraft des Reactionsstroms der Ueberführung, der Ueberführungszahl und der Dampfspannung so von einander, dass wir, wenn zwei derselben gegeben sind, den Werth der dritten berechnen können.

§ 3.

Methode und Apparat zur Bestimmung geringer Dampfspannungen. Messungen dieser bei wässrigen Salzlösungen.

Zur Ermittlung der noch nicht bestimmten Grössen dieser Dampfspannungen der wässrigen Lösungen der in Betracht kommenden Metallsalze habe ich einen Apparat construirt, mit dem sich aber nicht nur diese, sondern die Dampfspannungen irgend einer Flüssigkeit bestimmen lassen.

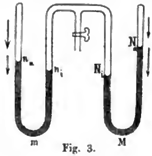


Fig. 3.

Princip des Apparats: (Fig. 3.) Zwei Manometer, von denen das eine m mit Wasser, das andere M mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt ist, werden durch ein T-Rohr verbunden. Der dritte Arm dieses T-Rohrs führt zur Luftpumpe. Es sei bis auf einen geringen Ueberdruck der äussern Luft evacuirt. Das Wasser befinde sich zwischen den Niveaux n_a und n_i, die der Salzlösung seien N_a und N_i.

Die beiden mit einander und mit der Luftpumpe verbundenen Räume der beiden Manometer zwischen den Niveaux N_i und n_i nenne ich innere Räume, die abgeschlossenen Räume über N_a und n_a äussere.

Dann hält, da sich die gleichen und entgegengesetzten Drucke auf die innern Niveaux beider Flüssigkeiten N_i und n_i aufheben, der Druck der Säule Salzlösung zwischen N_a und N_i plus der Spannung des Dampfes über dem äusseren Niveau der Lösung das Gleichgewicht dem Druck der Säule Wasser zwischen n_a und n_i plus der Spannung des Dampfes über dem äusseren Niveau

des Wassers. So viel der Druck jener Säule Salzlösung grösser ist, als der Druck dieser Säule Wasser, um so viel ist die Spannung des Dampfes über der Salzlösung kleiner, als die des Dampfes über reinem Wasser.

Beschreibung des Apparats. Der Apparat, mit welchem ich zuerst beobachtete, bestand aus den beiden Manometern, welche beide mittels Schliffstücke durch ein Gabelrohr — an Stelle des T-Rohrs — verbunden waren. Der dritte Arm des Gabelrohrs führte zur Luftpumpe und trug einen Hahn. Der Evacuirung wegen war jeder der Manometer mit drei Hähnen versehen, und zwar befand sich oberhalb des innern Niveau (Fig. 3) einer derselben, die beiden andern oberhalb des äussern Niveau. Die Schenkel des Manometers waren in Millimeter von gleichem Nullpunkt aus getheilt. Die Länge des äussern Schenkels jedes der Manometer von der Biegung bis zum unteren der beiden Hähne betrug 500 Millimeter. Der obere Hahn war um etwa 100 Millimeter vom untern entfernt. Die innere Weite der Manometerrohre war über 10 Millimeter.

Um dem Dampfe oberhalb der beiden äussern Niveaux gleiche Temperatur zu geben, wird der Apparat bis über die unteren Hähne der äusseren Rohre unter Wasser gesetzt. Damit die beiden Manometer sich bei der Ablesung nicht decken, sind die Schenkel des Gabelrohrs ungleich lang.

Das Lumen dieses Gabelrohrs ist eng, ein bis zwei Millimeter, um ein Ueberdestilliren des Dampfes vom Wasser zur Lösung zu erschweren. Dieses Ueberdestilliren wird aber hauptsächlich verhindert durch die zwischen den innern Niveaux befindliche Luft. Falls es sich einmal störend erweisen sollte was bei meinen Versuchen nicht der Fall war, so wäre es nur nöthig, die Hähne an den inneren Rohren, nachdem sie ganz kurze Zeit geöffnet waren und Gleichgewicht eingetreten ist, wieder zu schliessen.

Ich evacuire in derselben Weise, wie bei meinen Versuchen „über die Torricelli'sche Leere"[1]. Es wird zuerst bis zum oberen Hahn des äusseren Rohres ausgepumpt, dann der untere geschlossen, so dass zwischen beiden Hähnen sich ein Vacuum befindet, in welches ich die aus der Flüssigkeit aufsteigenden Luftblasen einlassen kann. Der vollkommneren Evacuirung wegen nehme ich dann die ausgepumpte Manometerröhre, nachdem sämmtliche Hähne

[1]) Pogg. Ann. CLX. 138.

geschlossen sind, von dem Gabelrohr und koche aus, indem ich die Röhre geneigt in eine Schale erwärmten Wassers tauche. So kann ich die Luft so gut entfernen, dass die ganze Säule von 500 Millimeter Länge haftet und selbst bei starker Erschütterung der Röhre nicht herabfällt. Ich hatte Gelegenheit, meine eben angeführten Beobachtungen zu wiederholen: Ist alle Luft entfernt, dann haftet die Flüssigkeit am Manometer und haftet sie nicht, dann ist Luft vorhanden.

Um diese geringen Spuren von Luft, so gut es ging, oft und leicht entfernen und bei Beobachtungsreihen immer verschieden auf die beiden Manometer vertheilen zu können, habe ich dem Apparat für die Bestimmung der

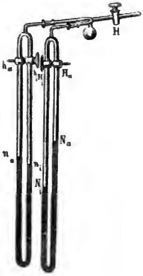


Fig. 4. (1/8)

Dampfspannung der Salzlösungen eine etwas abgeänderte Form (Fig. 4) gegeben[1], bei welcher auch die äussern, also alle Räume mit einander und mit der Luftpumpe communiciren können. Bei dieser Abänderung hatte ich ursprünglich auch die Absicht, die beiden äussern Räume, oberhalb N_a und n_a, vor dem Evacuiren in Verbindung zu setzen, so dass nach demselben der geringe Rückstand von Luft in beiden wieder getrennten Räumen gleichen Druck ausübte.

---

[1]) Gefertigt von Herrn Florenz Müller, Berlin, Leipziger Strasse 22.

Die beiden Schenkel jeder Manometerröhre sind hier auch oben verbunden, so dass die Röhre ein Rechteck bildet, von dessen oberer kleiner Seite eine Röhre zum Gabelrohr führt. Nahe der oberen Umbiegung ist jeder Schenkel durch einen Hahn H_i, H_a, h_i, h_a abzuschliessen. Die Röhren stehen in einem grossen Glasgefäss mit Wasser, dessen Temperatur regulirt werden kann, nahe hintereinander, um gleiche Temperatur in ihnen zu erzielen und seitlich, der Ablesung wegen, so verschoben, dass die Schenkel des einen Manometers in den Zwischenraum des andern fallen. Die Luft wird ebenfalls durch abwechselndes Auspumpen und Kochen entfernt, was mit Hilfe einer Wasserluftpumpe geschehen kann. Nachdem evacuirt ist, wird der Hahn H, dann alle Hähne geschlossen, bis auf H_i. Durch Eintritt von wenig Luft steigt das Niveau N_a bis H_a. Man schliesse H_i und öffne darauf H_a. Das Niveau N_a sinkt, aber nicht zum ursprünglichen Stande, denn über N_i ist Luftdruck. Durch Drehung des Kolbens der Pumpe wird jetzt N_a etwa 1 Millimeter über H_a gehoben, dann H_a geschlossen. Ebenso verfährt man mit dem andern Manometer, setzt beide darauf durch Oeffnen der Hähne H_i und h_i in Verbindung und giebt durch Bewegung des Kolbens der Pumpe den Flüssigkeitssäulen geeignete Höhen und schliesst H. Es muss so gut evacuirt sein, dass bei diesem Einstellen der Niveaux mit der Stiefel-Luft-Pumpe, die übrigens auch hier durch eine Wasserluftpumpe ersetzt werden kann, keine Luftblasen aus den oberen Schichten aufsteigen.

Vor dem Ablesen der Niveauxstände mittels Kathetometers ist darauf zu achten, dass die Menisken gut und gleichmässig ausgebildet sind.

Damit dies der Fall ist, müssen die Röhren sehr gut gereinigt sein, was ich durch abwechselndes Ausspülen mit Aether, Salpetersäure und Wasser erreiche.

Um den Apparat in dieser Form zu füllen, muss er evacuirt werden; um ihn zu entleeren, werden die Hähne herausgenommen. Diese sind n a c h der Füllung zu fetten. Mit dieser Form des Apparates sind die unten mitgetheilten Bestimmungen gemacht.

Erwähnen will ich noch, dass sich für schnelle, aber nur angenäherte Bestimmungen der Apparat so ändern lässt, dass nur das Wassermanometer in Anwendung käme und statt des zweiten Manometers ein Glaskölbchen, welches die zu untersuchende Lösung in geringer Menge oder überhaupt einen

die Dampfspannung vermindernden Körper enthält. Bei völliger Entfernung der Luft giebt dann die Differenz der beiden Niveaux des Wassermanometers die Abnahme der Dampfspannungen.

Von den Messungen, die ich in grosser Zahl mit dem Apparate anstellte, um zunächst die Beziehungen wieder aufzufinden, die Herr Wüllner zwischen dem Salzgehalt, der Temperatur und dem Dampfdruck beobachtet hatte, wurden die ersten am Zinkchlorid gemacht. Wie dieses Salz, wie wir oben sahen, starke elektromotorische Kräfte bis $^1/_5$ Daniell liefert, so vermindert auch eine Lösung die 150 gr. $Zn\,Cl_2$ auf 100 gr. Wasser, enthält bei 20 ° C. die Dampfspannung um über 160 mm Wasser, also bis $^1/_3$ der des reinen Wassers, vermehrt also das Volumen des Dampfes auf das Dreifache.

Für Chlorzinklösungen, die je 25, 50, 75, 100, 125 gr $Zn\,Cl_2$ auf 100 gr Wasser enthielten, fand ich bei $20_{,2}$° C. folgende Werthe der Verminderung in mm Wasser:

Chlorzink.

	25 %	50 %	75 %	100 %	125 %
	19,4	40,2	69,9	101,8	133,9
	19,2	39,5	69,5	101,7	133,2
	19,8	39,8	70,2	102,1	.
Im Mittel	19,50	39,83	69,87	101,9	133,6

Diese Zahlen wurden an einer Theilung, die den Röhren eingeätzt war, abgelesen. Die folgenden Beobachtungen, bei denen ich nur das Mittel aus mehren mittheile, machte ich mittels eines Kathetometers. Ich fand bei 30° C. — dies war die Temperatur des die Manometer umgebenden Wassers — für die folgenden Salze:

Jodcadmium.

Gehalt gr $Cd\,J_2$ auf 100 gr H_2O	Verminderung in mm Wasser bei 30° C.
10	2,6
20	4,0
40	9,7
80	21,0

Zinksulfat.

Gehalt gr $ZnSO_4$ auf 100 gr H_2O	Verminderung in mm Wasser bei 30° C.
25	13,4
50	39,9

Kupfersulfat.

Gehalt gr $CuSO_4$ auf 100 gr H_2O	Verminderung in mm Wasser bei 30° C.
25	12,0

Der Verlauf dieser Werthe stimmt mit dem, der von Herrn von Babo und Herrn Wüllner für andere Salze gefundenen überein. In folgender Tabelle stelle ich für jedes der von Herrn Wüllner untersuchten Salze die Verminderungen verschiedener Concentrationen bei einer constanten und zwar möglichst hohen unter den Temperaturen, bei denen er beobachtete, zusammen.

			Quecks.		Quecks.
$NaCl$	100°,5 C.	10 %	44,90 mm	20 %	92,41 mm
Na_2SO_4	100°,6 C.	10 %	18,66 mm	25 %	45,67 mm
$NaNO_3$	100°,3 C.	10 %	27,28 mm	30 %	79,07 mm
KCl	100°,3 C.	10 %	30,78 mm	20 %	61,90 mm
K_2SO_4	100°,8 C.	5 %	9,50 mm	10 %	18,10 mm
KNO_3	97° C.	10 %	16,51 mm	30 %	48,25 mm
$NiSO_4$	99°,3 C.	10 %	13,20 mm	20 %	25,90 mm
CaN_2O_6	69°,4 C.	20 %	14,41 mm	40 %	28,05 mm
Na_2HPO_4	81°,6 C.	12,5 %	11,00 mm	25 %	21,50 mm
Na_2O	69°,36 C.	10 %	16,554 mm		
		20 %	35,605 mm		
		30 %	56,401 mm		
K_2O	72°,05 C.	10 %	12,146 mm		
		20 %	24,787 mm		
		30 %	44,500 mm		
		40 %	62,384 mm		
		49 %	78,695 mm		

			Quecks.
$Ca\,Cl_2$	99°,3 C.	7,5 %	23,000 mm
		15 %	53,948 mm
		30 %	133,514 mm
Rohrzucker	100°,9 C.	50 %	23,76 mm
		150 %	79,85 mm

Die von Herrn von Babo und Wüllner beobachteten Werthe, und in Uebereinstimmung mit diesen die von mir gefundenen ergeben, dass bis zu einem gewissen Grade der Verminderung diese dem Salzgehalt einfach proportional gesetzt werden kann. Erst bei verhältnissmässig grösseren Verminderungen, welche sich bei den concentrirteren Lösungen derjenigen Salze zeigen, die in grosser Menge im Wasser löslich sind, wachsen die Verminderungen stärker, als im einfachen Verhältniss mit dem Salzgehalt.

Herr Wüllner hat, um das von Herrn von Babo aufgestellte Gesetz, dass die Verminderungen einfach proportional dem Salzgehalt sind, beizubehalten, in den Fällen, in welchen sich stärkere Verminderungen und mit diesen stärkere Abweichungen zeigen, diese Abweichungen dadurch erklärt, dass beim Natron das vierfache, beim Kali das fünffache, beim Chlorcalcium das sechsfache Hydrat als gelöstes Salz zu betrachten sei. Beim Zucker hingegen macht er zur Erklärung der stärkeren Abweichung die Annahme, dass eine chemische Zersetzung stattgefunden habe.

Für die weitere Untersuchung des Kreisprozesses kommt es jedoch nur auf die durch die Beobachtungen festgestellte Thatsache an: Wir sind bis zu einer gewissen, durch die Beobachtung zu bestimmenden Grenze berechtigt, die Abnahme der Dampfspannung $p_0 - p$, dem Salzgehalt einfach proportional, also den mit einem Gramm Salz verbundenen S Grammen Wasser und den mit einem Aequivalent Salz verbundenen q Grammen Wasser umgekehrt proportional zu setzen, zu schreiben

$$p_0 - p = \frac{B}{S} = \frac{b}{q} \tag{2}$$

und

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{1}{S} \cdot \frac{B}{p_0} = \frac{1}{q}\frac{b}{p_0} \tag{3}$$

§ 4.

Vergleichung der Versuche und der Theorie.

Aus dieser eben experimentell erhaltenen Beziehung

$$p_0 - p = \frac{b}{q} \tag{2}$$

folgt

$$dp = \frac{b\,dq}{q^2}$$

Diesen Werth von dp setzen wir ein in die Gleichung (1) Seite 17

$$A\frac{\mathfrak{A}_D}{1000} = \mathfrak{E}\int_k^a q\,(1-n)\,V dp;$$

dann wird diese

$$A\frac{\mathfrak{A}_D}{1000} = \mathfrak{E}\,b\int_k^a (1-n)\,V\frac{1}{q}\,dq.$$

Unter der Annahme, dass bei den geringen Dampfspannungen, bis bei 30° C., die Wasserdämpfe das Mariotte-Gay-Lussac'sche Gesetz befolgen, wird

$$V = \frac{V_0\,p_0}{p},$$

wenn p_0 den Druck des gesättigten Dampfes über reinem Wasser und V_0 das Volumen eines Grammes dieses Dampfes bezeichnet. Nehmen wir für p den aus 2 sich ergebenden Werth

$$p^0 - \frac{b}{q},$$

so bekommen wir

$$A\frac{\mathfrak{A}_D}{1000} = \mathfrak{E}\,b\,V_0\,p_0\int_k^a (1-n)\,\frac{1}{p_0 - \frac{b}{q}}\cdot\frac{dq}{q},$$

wofür wir auch schreiben können

$$A\frac{\mathfrak{A}_D}{1000} = \mathfrak{E}\,b\,V_0\,p_0\int_k^a (1-n)\,\frac{1}{p_0 - \frac{B}{S}}\cdot\frac{dS}{S}$$

$$= \mathfrak{E}\,b\,V_0\int_k^a (1-n)\,\frac{1}{S - \frac{B}{p_0}}\,dS.$$

Nach 2 ist aber

$$b = q\ (p_0 - p),$$
$$\mathfrak{E}\,b = \mathfrak{E}q\ (p_0 - p);$$

also

$$A\frac{\mathfrak{A}_D}{1000} = \mathfrak{E}\,q\,\frac{p_0 - p}{p_0}\,p_0\,V_0\int_k^a (1-n)\frac{1}{S - \frac{B}{p_0}}\,dS. \qquad (4)$$

Der Werth von $\mathfrak{E}q$ ergiebt sich auf folgende Weise: q war die Anzahl der Gramme Wasser, welche mit der, durch die electrostatische Einheit zersetzten Salzmenge verbunden war. Mit der $\mathfrak{E}$fachen, durch die electromagnetische Einheit zersetzten Salzmenge ist die $\mathfrak{E}$fache Wassermenge, also $\mathfrak{E}q$ gr Wasser verbunden. Die durch die electromagnetische Einheit ($gr^{\frac{1}{2}}\ cm^{\frac{1}{2}}\ sec^{-1}$) zersetzte Salzmenge beträgt, da nach Herrn **Bunsen** die durch diese Einheit zersetzte Wassermenge in 1 sec

$$0{,}00092705\ \text{gr}$$

ist,

$$0{,}00092705\ \frac{M}{H_2O}\ \text{gr},$$

wenn $\frac{M}{H_2O}$ das Verhältniss der Moleculargewichte, also M für $Cu\,SO_4$ $159{,}5$ und H_2O das des Wassers, also 18 bedeutet. Mit diesen Grammen Salz sind $\mathfrak{E}q$ gr Wasser, mit 1 gr. Salz S gr Wasser verbunden. Es ist also

$$\mathfrak{E}q = 0{,}00092705\ \frac{M}{H_2O}\ S.$$

Die Verminderung der Dampfspannung bestimmt sich also aus 4, wenn die Ueberführungszahlen und die electromotorischen Kräfte der Concentrationsströme bekannt sind durch die Gleichung

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{A\frac{\mathfrak{A}_D}{1000}}{0{,}00092705\ \frac{M}{H_2O}\ S\,p_0\,V_0\int_k^a (1-n)\frac{1}{S - \frac{B}{p_0}}\,dS.}$$

Für ein und dasselbe Salz muss

$$\frac{1}{A}\int_k^a (1-n)\frac{1}{S - \frac{B}{p_0}}\,dS = \text{const.}$$

sein, weil dann alle anderen Factoren dieser Gleichung und das Product $\frac{p_0 - p}{p_0}S = \frac{B}{p_0} = \varepsilon$ nach 3 ebenfalls constant ist. Diese Grösse, welche wir

mit ε bezeichnet haben, wird in vielen Fällen gegen S zu vernachlässigen sein.

Zur Berechnung des Integrals ist die Ueberführungszahl $1-n$ als Function der lösenden Wassermenge S darzustellen. Dies habe ich durch die empirische Formel

$$1 - n = \alpha + \frac{\beta}{\gamma + S}$$

deren Constanten ich für jedes untersuchte Salz aus den Beobachtungen Hittorf's bestimmte, gethan und dadurch eine für das Intervall der von ihm beobachteten Werthe hinreichende Darstellung dieser erhalten.

Dann wird

$$\frac{1}{A}\int_k^a (1-n)\frac{1}{S - \frac{B}{p_0}}\, dS$$

$$= \frac{1}{A}\int_k^a \left(\alpha + \frac{\beta}{\gamma + S}\right)\frac{1}{S - \varepsilon}\, dS$$

$$= \frac{1}{A}\left\{\left(\alpha + \frac{\beta}{\gamma+\varepsilon}\right) {}^{10}\log\frac{S_a - \varepsilon}{S_k - \varepsilon} - \frac{\beta}{\gamma + \varepsilon}\, {}^{10}\log\frac{S_a + \gamma}{S_k + \gamma}\right\}\frac{1}{{}^{10}\log e}$$

Setzt man

$$\frac{1}{A}\left\{\left(\alpha + \frac{\beta}{\gamma+\varepsilon}\right) {}^{10}\log\frac{S_a - \varepsilon}{S_k - \varepsilon} - \frac{\beta}{\gamma + \varepsilon}\, {}^{10}\log\frac{S_a + \gamma}{S_k + \gamma}\right\} = \eta$$

so müsste η constant sein.

Es wird dann

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{\frac{\mathfrak{A}_D}{1000}\, {}^{10}\log e}{0{,}00092705\,\frac{M}{18}\, S\, p_0\, V_0}\cdot\frac{1}{\eta}$$

Berechnet man die Verminderung für die 1 procentige Lösung, so ist

$$S = 100.$$

Die Spannung des Wasserdampfes über reinem Wasser beträgt nach Regnault bei 20° C. 23,65 gr auf ein Quadratcentimeter, also in absolutem Kraftmaass, wenn die Constante der Erdschwere

$$g = 981\,\frac{cm}{sec^2}$$

ist,

$$p_0 = 23201\,\frac{gr}{cm\, sec^2}.$$

Das Volumen von 1 gr Wasserdampf bei 20° C. ist

$$V_0 = 58704 \text{ cm}^3$$

und wie wir schon oben sahen

$$\frac{\mathfrak{A}_D}{1000} = 109540 \ \frac{\text{cm}^{\frac{3}{2}} \text{ gr}^{\frac{1}{2}}}{\text{sec}^{2}}.$$

Es wird also der Factor von $\frac{1}{r_i}$ allgemein

$$0{,}0067819 \cdot \frac{1}{M};$$

mithin für die 1procentige Lösung irgend eines Salzes

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 0{,}0067819 \ \frac{1}{M \, r_i}.$$

Jodcadmium.

Die in der folgenden Tabelle 1 eingeklammerten Werthe von $1-n$ sind bei der Berechnung der Interpolationsformel

$$1 - n = \alpha + \frac{\beta}{\gamma + S}$$

zu Grunde gelegt und aus ihnen

$$\alpha = 0{,}378$$
$$\beta = 26{,}007$$
$$\gamma = 28{,}01$$

bestimmt worden. Nach dieser Formel wurden die beiden andern Werthe berechnet und neben die von Herrn Hittorf beobachteten gesetzt.

Tab. I.

S	1 — n beobachtet	1 — n berechnet
166,74	0,613	0,501
69,60	0,642	(0,642)
18,12	0,931	(0,931)
4,28	1,140	1,161
3,04	1,192	(1,192)
1,83	1,258	1,224

Mit Hilfe dieser Darstellung von $1-n$ als Function von S ist das Integral berechnet worden. Der Werth von ε ergiebt sich aus den Beobachtungen zu 0,05, er könnte daher gegen S vernachlässigt werden.

Das Integral ist dann durch A dividirt und auf diese Weise der Werth der Constanten η der folgenden Tabelle II erhalten. Mit dem Mittelwerth dieses $\eta = 0{,}0448$ sind die berechneten A hergestellt worden.

Tab. II.

S_a	S_k	A beobachtet	A berechnet	η
100	50	4,1	4,3	0,0471
	33,33	7,1	7,0	0,0444
	20	11,7	11,5	0,0441
	10	17,7	18,1	0,0458
	6,67	22,3	22,4	0,0450
	5	25,4	25,6	0,0451
	2,5	35,9	33,5	0,0418
			Im Mittel	0,0448

Die grössten Abweichungen vom Mittel zeigen die erste und letzte Reihe der Tabelle; das kommt daher, dass hier der Verlauf der durch die Formel dargestellten Werthe ein anderer als der der von Herrn **Hittorf** beobachteten zu werden beginnt.

Wenn man mit diesem Mittelwerthe von η die Verminderung der Dampfspannung für eine 1 procentige Lösung berechnet, so findet man

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 0{,}00041$$

während sich aus den oben mitgetheilten Verminderungen

von	2.6 mm	für die	10procentige Lösung	0,26 mm
„	4,0 „	„ „	20- „ „	0,20 „
„	9,7 „	„ „	40- „ „	0,24 „
„	21,0 „	„ „	80- „ „	0,26 „

für die 1 procentige, d. h. im Mittel

0,24 mm

und

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 0{,}00056$$

ergiebt.

Zinksulfat.

Aus den Beobachtungen des Herrn Hittorf

S	1—n
267,16	0,636
4,052	0,760
2,524	0,778

bestimmen sich die Constanten der Interpolationsformel

$$\alpha = 0,634$$
$$\beta = 1,470$$
$$\gamma = 7,616$$

Aus den Beobachtungen der Dampfspannung ergiebt sich $\varepsilon = 0,125$, so dass wir in derselben Weise wie beim Jodcadmium die folgende Tabelle aufstellen können.

S_a	S_k	A beobachtet	A berechnet	η
163	34,625	10,7	10,8	0,0411
	10,889	18,9	19,4	0,0417
	4,994	25,1	25,6	0,0415
	2,963	31,9	30,0	0,0384

Als Mittelwerth für η findet sich

$$\eta = 0,04067$$

mit dessen Hilfe die berechneten A hergestellt sind. Ebenso finden wir mittels desselben für die Verminderung der Dampfspannung der 1 procentigen Lösung

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 0,00104$$

und, in guter Uebereinstimmung damit, aus der Beobachtung der Dampfspannung von 13,4 mm für die 25 procentige Lösung bei 30° C.

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 0,00125$$

für die Lösung von 1 Procent.

Kupfersulfat.

Hier bestimmt sich aus den drei eingeklammerten Werthen der folgenden Tabelle die Interpolationsformel, so dass

$$\alpha = 0{,}636$$
$$\beta = 0{,}822$$
$$\gamma = 2{,}99$$

wird. Mit dieser Formel ist der vierte Werth der Tabelle berechnet.

S	1 — n beobachtet	1 — n berechnet
148,3—39,67	0,644	(0,644)
18,08	0,675	(0,675)
9,56	0,712	0,701
6,35	0,724	(0,724)

Die Beobachtung ergiebt $\varepsilon = 0{,}116$.

Ebenso wie beim Jodcadmium und Zinksulfat ist unter Benutzung dieser Formel die Tabelle 2 aufgestellt.

S_a	S_k	A beobachtet	A berechnet	η
128,5	4,208	27	27,3	0,037
	6,352	25	23,8	0,035
	8,496	21	21,3	0,038
	17,07	16	15,6	0,036
	34,22	10	10,4	0,038
			Im Mittel	0,0368

Der Mittelwerth von η ergiebt für die Verminderung der Dampfspannung der 1 procentigen Lösung

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 0{,}00112$$

Die Beobachtung der Dampfspannung der 25procentigen Lösung liefert unmittelbar

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 0,00116.$$

Chlorzink.

Innerhalb der Concentrationen, für welche ich bei Chlorzinklösungen die oben mitgetheilten electromotorischen Kräfte beobachtet habe, ist nur eine Ueberführungszahl von Herrn Hittorf und zwar

$$\text{für } S = 2,77, \quad 1 - n = 1,08$$

festgestellt. Aus diesem Werthe, aus der electromotorischen Kraft

$A = 24,5$ zwischen den Lösungen, deren $S = 4$ und $S = 2$

und aus dem durch die Dampfspannungen bestimmten $\varepsilon = 0,33$ berechnet sich

$$\eta = 0,0134$$

und hieraus für die 1procentige Lösung

$$\frac{p_0 - p}{p_0}\ 0,0037$$

während die oben mitgetheilten Beobachtungen der Dampfspannungen der 25 und 50procentigen Lösungen

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = 0,0033$$

ergeben.

In diesen untersuchten Fällen sind daher Theorie und Versuch in recht guter Uebereinstimmung, so dass dieser jene bestätigt, jene diesen in befriedigender Weise erklärt.

Berlin, Juli 1878.

NOVA ACTA
der Ksl. Leop.-Carol.-Deutschen Akademie der Naturforscher
Band XLI. Pars I, Nr. 2.

Die Photographie

in der messenden Astronomie,

insbesondere bei

Venusvorübergängen.

Von

Dr. L. Weinek,
Erstem Observator der Sternwarte in Leipzig.

Eingegangen bei der Akademie den 23. Mai 1879.

HALLE.
1879.
Druck von E. Blochmann & Sohn in Dresden.
Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Vorwort.

Während man vor der Erscheinung des Venusvorüberganges 1874 die astronomische Photographie hauptsächlich zur Fixirung des Anblickes himmlischer Objecte (welcher durch den Zeichner stets nur subjectiv, je nach Auffassung oder Geschicklichkeit desselben, dargestellt werden kann) verwendete, um naturgetreue Abbildungen — sei es von Oberflächen, wie bei Sonne, Mond und den grösseren Planeten, oder Spectren der Gestirne, sei es von Erscheinungen, die in den einzelnen Stadien ihrer schnellen Veränderlichkeit festgehalten oder auch durch die, von der optischen verschiedene, chemische Action ihrem Wesen nach besser erkannt werden sollten (Sonnen-Corona, Protuberanzen, Fackeln) — zu erhalten, oder aber dort, wo sie zu relativen Positionsbestimmungen herangezogen wurde, nicht beabsichtigte, ihre Resultate in strengster Weise zu prüfen und zu discutiren, wurde im Jahre 1874 zur photographischen Beobachtung des Venusvorüberganges die grösste Anforderung an ihre Leistungsfähigkeit in der messenden Astronomie gestellt. Sie sollte am 8. December 1874 mit den feinsten astronomischen Messungsmethoden rivalisiren.

Dieser Umstand veranlasste, dass dem Studium der für photographische Zwecke geeignetsten Instrumente, der besten photographischen Verfahrungsarten und der einfachsten Reductionsmethode des grossen zu erwartenden Materials mehrere Jahre hindurch von allen Nationen besondere Sorgfalt zugewendet und dadurch die astronomische Photographie nicht wenig gefördert worden ist.

Es erscheint nun kein überflüssiges Unternehmen, die Fragen, welche in der messenden astronomischen Photographie in Betracht kommen, weitläufiger und vom Standpunkte der Anforderung bei einem Venusvorübergange zu ventiliren, besonders mit Rücksicht auf die bald zu treffenden Entscheidungen für den nächsten Venusvorübergang 1882. In der Durchführung desselben stützte ich mich theils auf eigene Erfahrungen, die ich als stellvertretender Leiter der photographischen Versuchsstation in Schwerin für 1874, als Mitglied der Kerguelen-Venusexpedition, endlich bei der von der deutschen Venuscommission mir übertragenen Ausmessung ihrer Expeditionsphotographieen zu sammeln Gelegenheit hatte, theils auf vergleichende Studien der einschlägigen Literatur. Letztere geschichtlich und complet wiederzugeben, war zunächst nicht meine Absicht; ich habe vielmehr in den referirenden Theilen dieser Arbeit eine Auswahl, wie sie meinem Zwecke zu entsprechen schien, getroffen. Dieser Zweck war: eine hauptsächliche Uebersicht des auf erwähntem Gebiete Geleisteten zu geben, zum Verständniss der Specialpublikationen betreffend die photographischen Resultate des Vorüberganges 1874 beizutragen, endlich gewisse Kapitel der astronomischen Photographie neu zu beleuchten.

Leipziger Sternwarte, Winter 1878/79.

Ladislaus Weinek.

Einleitung.

Als Vorzug der photographischen Beobachtung vor der rein astronomischen bezeichnet man in erster Linie den Umstand, dass sie den Beobachter mit allen Fehlerquellen, die aus der Unvollkommenheit seiner Sinne, seiner Voreingenommenheit, augenblicklichen Disposition (Abspannung, Aengstlichkeit) hervorgehen, mit einem Worte: die verdächtige Vermittelung unserer Sinnesthätigkeit eliminirt und an dessen Stelle, sobald die Fehler des optischen Apparates erkannt sind, vollständig Wahres setzt. Es ist dies soweit richtig, als es sich nicht um die feinsten Messungen handelt. Für diese kommen alle Eigenthümlichkeiten und Schwankungen des photographischen Processes, welche selbst die Hand des erfahrenen Photographen nicht beherrscht, in Betracht.

Lenken wir gleich unseren Blick auf die Sonnenphotographie. Das Sonnenbild im Focus des Photoheliographen ist, wie später erörtert wird, aus optischen Gründen kein bestimmt begrenztes. Die Theorie der Beugung lehrt, dass, wenn die Intensität der Mitte desselben = 1 gesetzt wird, diese am geometrischen Rande $^1/_2$ ist und nun ziemlich schnell bis zum Werthe Null sinkt. Das Auge, nur fähig, einen gewissen Intensitätsgrad zu erkennen und wenig empfindlich, beobachtet in völlig constanter Weise ein durch Beugung vergrössertes und gut begrenztes Bild. Die Photographie hingegen mit ihren zahllosen Abstufungen von Empfindlichkeit giebt auf jeder Platte einen anderen

Durchmesser, indem sie mehr oder weniger von dem internen Bild der Schicht hervorholt. Sobald letzteres an den gegenüberliegenden Stellen des Randes gleich geschieht, wird natürlich der Sonnenmittelpunkt nicht verrückt; doch spricht Mehreres gegen diese vom photographischen Process für dieselbe Platte verlangte Gleichartigkeit der chemischen Action. Jedem Photographen ist bekannt, dass ein bestimmter Moment nach dem Collodioniren der Platte — wenn wir das gewöhnliche nasse Verfahren ins Auge fassen — nicht versäumt werden darf, sie ins Silberbad zu legen. Geschieht dies zu früh, so wird die Schicht mürbe und besitzt Anlage zum Ablösen vom Glase, geschieht dies zu spät, so sensibilisirt die Platte unvollkommen oder gar nicht.[1]) Der Aggregatzustand der Collodionschicht spielt also eine wesentliche Rolle, derart, dass durch Verflüchtigung des Aethers angetrocknete Stellen lichtunempfindlich werden. Da beim Begiessen der Platte mit Collodion irgendwo zuerst begonnen werden muss und die Flüssigkeit schliesslich ablaufen gelassen wird, erscheint die Schicht ungleich dick und befindet sich thatsächlich an verschiedenen Stellen derselben Platte in verschiedenen Stadien des Antrocknens, sobald sie ins Silberbad gebracht wird. — Andererseits weiss man, welch' wichtige Rolle für ein gleichartig nuancirtes Bild das exacte Aufgiessen des Entwicklers spielt. Durch heftiges Aufschlagen desselben wird die Silberlösung von der betreffenden Stelle weggetrieben, ehe die Reduction beginnt und es entsteht ein mehr oder minder indifferenter Fleck.[2]) Behandelt man ferner ein sich abtonendes Object länger mit dem Entwickler, so ist man in der Lage, mehr und mehr von demselben hervorzuholen. — Nach diesen Betrachtungen wäre ein photographisches Verfahren betr. seiner Brauchbarkeit vor Allem darauf zu prüfen, ob es bei günstigen atmosphärischen Verhältnissen die verschiedenen Sonnendurchmesser desselben Bildes nach Anbringung der Verzeichnung des optischen Apparates und der Refraction, namentlich aber den Sonnenmittelpunkt aus Randeinstellungen, ausgeführt unter den verschiedensten Positionswinkeln, gleich giebt.

---

[1]) Lehrbuch der Photographie von Dr. H. Vogel, p. 270.

[2]) Ebendaselbst p. 278.

Grobe Fälschungen erfährt noch das Bild bekanntlich durch unrichtige Exposition und ungeeignete Behandlung, welche Contractionen bis zum Zerreissen der Schicht herbeizuführen fähig ist.

Eine Elimination des Beobachters ist aber auch nicht immer von Vortheil, besonders dann nicht, wenn aus unbestimmten, wechselnden Eindrücken nur durch Combination das richtige Bild erkannt werden kann, wie dies bei unruhigen, theils longitudinal wogenden, theils transversal schwingenden Sonnenrändern der Fall ist. Wohl kann man durch Abstumpfung der Lichtempfindlichkeit der Schicht und damit durch Verlängerung der Expositionsdauer einen mittleren Eindruck erreichen, welcher jedoch seiner Unbestimmtheit wegen stets unbrauchbar sein wird. Die Sache verhält sich dabei anders als beim beobachtenden Auge; dieses wird sich der einzelnen Schwingungsphasen völlig bewusst und construirt sich geistig je nach Grösse der Amplituden die mittlere Schwingungslage, das Constante in dem stets Wechselnden; die photographische Platte jedoch ist dann für keinen der momentanen Eindrücke abgestimmt und muss, wenn auch ein mittlerer Eindruck überwiegt, ein stets verwaschenes Bild geben, das viel unsicherer eingestellt wird, als wenn sich am Rande deutliche Erhöhungen und Vertiefungen präsentiren und man daraus die Nivellirungslinie zu ermitteln hat. Bleibt aber auch unter solch' ungünstigen Luftverhältnissen der einzelne photographische Eindruck hinter der combinirenden Auffassung des geübten astronomischen Beobachters zurück, so gleicht sich dies doch darin aus, dass im Sonnenbilde längs des Randes zahllose Einstellungen gemacht und auf den gesuchten Sonnenmittelpunkt hin interpretirt werden können.

Hierin und in der grossen Zahl der möglichen Einzelaufnahmen, deren Gesammtheit unabhängig von beiden Effecten der Luftunruhe, der Versetzung der ganzen Scheibe und jener einzelner Theile zu einander betrachtet werden kann, liegt der Hauptvortheil der photographischen Beobachtung. Günstig erweist sich auch die fast verschwindend kurze Zeit einer photographischen Sonnenaufnahme, welche mit Leichtigkeit Arrangements zulässt, um die Erwärmung des Instrumentes durch directe Bestrahlung auf das geringste Maass zu beschränken.

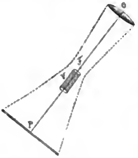
Damit diese unbedingten Vortheile der photographischen Beobachtung voll zur Geltung kommen, ist es nothwendig, das stets complicirtere photographische Instrument auf das Niveau des astronomischen, in allen Fehlerquellen discutirbaren, zu bringen und die photographische Methode selbst im Grade ihrer grössten Vollkommenheit zu verwenden.

Der Photoheliograph.

Das mit dem photographischen Instrumente aufgenommene Sonnenbild muss eine gewisse Grösse besitzen, um bei der späteren Ausmessung den gewünschten Genauigkeitsgrad zu gewähren. Objective mit langem Focus, welche diese Bedingung unmittelbar erfüllen, erscheinen auf den ersten Blick ihrer schwerfälligen Montirung wegen für Expeditionen in ferne Länder, wo es sich um besondere Schwierigkeiten des Transportes und der Aufstellung handelt, wenig geeignet; Objective mit kurzem Focus verlangen hingegen ein Vergrösserungssystem, das den Apparat complicirter und die Discussion der Aufnahmen bedeutend umfangreicher gestaltet. Im Jahre 1874 wurden beide Arten Heliographen ausgesendet, die erstere, nachdem für sie eine besondere Form der Aufstellung als zweckmässig erkannt worden. Diese postirt das Rohr mit langem Focus horizontal in fester, unveränderter Lage und überträgt die Beweglichkeit auf einen Planspiegel, welcher das Sonnenbild immer von Neuem in die Rohraxe führt; sie lässt sogar ein wirkliches Rohr als Verbindung zwischen Objectiv und Camera überflüssig erscheinen und verlangt nur ausreichende Stabilität für das Objectivglas und die Camera. Die andere Art ist nach dem Aequator oder Horizonte orientirt und nimmt je nach dem Stande des anvisirten Gestirnes die verschiedensten Lagen ein. Wir können beide durch die Bezeichnung: fest ruhender und beweglicher Photoheliograph trennen.

I. Der bewegliche Photoheliograph.

Er besteht aus dem Objectiv O (Fig.), welches das Sonnenbild in dem Focus F entwirft, dem Vergrösserungsapparat V unmittelbar hinter F und dem Cameratheil mit der Cassette und photographischen Platte P in entsprechender Bildweite. Das Rohr, welches diese Theile trägt, ist auf einem äquatoreal oder horizontal montirten Stativ befestigt. Das Vergrösserungssystem, welches der Natur der Sache gemäss kurze Brennweite und stark gekrümmte Linsen besitzt, wird selbst bei möglichst vollkommener Construction das Focalbild nicht proportional, sondern verzeichnet vergrössern. Zur Ermittelung dieser Verzeichnung bringt man sehr zweckmässig in F ein planparalleles Glasgitter, dessen Strichsystem dem Objective zugekehrt wird, an, welches somit auf jeder Aufnahme mitabgebildet erscheint. Die Vergleichung dieses vergrösserten Netzes der Photographie mit den Ausmessungen des Originalgitters giebt dann unmittelbar zu erkennen, wie der Vergrösserungsfactor sich von der Mitte des Gesichtsfeldes nach dem Rande hin ändert (ein constanter Vergrösserungsfactor würde ein unverzeichnetes proportionales Bild anzeigen) und liefert jegliches Material, um ein empirisches Gesetz der Verzeichnungsreduction mit mehr oder weniger Coëfficienten abzuleiten; die Vergleichung der photographirten Gitter unter einander hingegen ermöglicht, Veränderungen in der Constanz des Apparates während der Erscheinung zu constatiren und in Rechnung zu ziehen, überdies Verziehungen der photographischen Schicht zu erkennen. Besondere Vortheile gewährt noch die Anwendung eines Gitters im Focus für die Orientirung und Ausmessung der Bilder. — Ein Fadennetz im Focus, das seiner Subtilität wegen für Expeditionen weniger zu empfehlen ist, würde natürlich dieselben Dienste leisten: nur hat man dann die Fadendistanzen im Focus auf astronomischem Wege zu ermitteln und sie zur Eruirung der Verzeichnung mit den Messungen auf der photographischen Platte zu vergleichen. Endlich gäbe auch die Photographie eines entfernt aufgestellten Massstabes, indem man entweder den Vergrösserungsapparat von Aufnahme zu Aufnahme um seine optische Axe dreht oder den



Massstab in verschiedene Quadranten postirt, die Verzeichnung und zwar nun die Summe jener des Vergrösserungsapparates und des Objectives; doch wird letztere allgemein bei guten Objectiven zu vernachlässigen sein. — Ist der Vergrösserungsapparat sorgfältig construirt und die Distanz zweier nächster Gitterlinien nicht gross, so wird das Glasgitter das vorzüglichste Hülfsmittel der Verzeichnungsbestimmung, indem man dann nur den betreffenden Sonnen- oder Venusrand der Photographie, dessen unverzeichnete Coordinate ermittelt werden soll, auf die zunächstliegende Gitterlinie zu beziehen und diese gemessene Grösse im Verhältniss des umschliessenden Linienintervalles am Originalgitter zu jenem der vergrösserten Photographie auf das Originalgitter zu übertragen braucht, um die Verzeichnung strenge berücksichtigt zu haben, wie dies weiter unten im Kapitel über die Verzeichnungsreduction erörtert wird. Messungs- und Reductionsarbeit ist dann auf das geringste Maass zurückgeführt.

Da bei Sonnenaufnahmen, selbst im ungünstigen Falle einer niedrigen Sonnenhöhe und verschleierten Himmels, die Expositionszeit so kurz ist, dass die Anwendung eines Uhrwerkes, durch welches das Instrument der Sonne folgen würde, überflüssig wird, andererseits eine weitläufige astronomische Fehlerbestimmung in der Aufstellung des Heliographen, um für verschiedene Lagen desselben eine constante Beziehung der einen oder anderen Coordinatenrichtung des Gitters gegen bestimmte Kreise des Himmels zu haben, auf einer Station nicht wünschenswerth erscheint, wird zweckmässig die parallaktische Aufstellung des für Distanz und Positionswinkel dienenden Fernrohrs verlassen und ihm die einfachere, nichtsdestoweniger genauere, Montirung nach der Verticalen und Horizontalen gegeben. Der Nachtheil, dass man im zweiten Fall bei intermittirendem Sonnenschein zur Einstellung etwas länger braucht, ist kaum von Bedeutung, da zu schnelles Operiren am Heliographen überhaupt nicht empfehlenswerth erscheint.[1]) Es sei daher auch im Folgenden ein be-

[1]) Hansen hat die Vortheile beider Arten von Aufstellung in einem besonders construirten Stativ, das in den Berichten der kgl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 1870 beschrieben ist, verbunden. Nach diesen Principien verfertigte Repsold in Hamburg das Stativ des Photoheliographen, mit welchem die deutsche Kerguelen-Expedition während des Venusvorüberganges 1874 operirte. Bei demselben schneiden sich vier Axen: die Stunden-, Declinations-, Vertical- und Horizontal-Axe, in einem Punkte. Ist die Orientirung der verstellbaren

weglicher Photoheliograph mit Glasgitter und Vergrösserungssystem, einfach montirt nach der Verticalen und Horizontalen, vorausgesetzt.

Zur Einstellung des Sonnenbildes verwendet man, wie gewöhnlich, einen Sucher, dessen Axe parallel mit der Rohraxe orientirt wird. Derselbe wird am besten seitlich vom Rohre angebracht, und sein Bild in Projection auf Oelpapier oder anderer transparenter Substanz betrachtet. Die Intensität dieses Projectionsbildes bei verschiedenen Luftzuständen wird bei einiger Uebung eine viel sicherere Beurtheilung der Expositionszeit ermöglichen, als die directe Beobachtung der Sonne durch den Sucher. Das lästige, häufige Corrigiren des allgemein wenig stabilen Sucherfernrohres fällt dann ebenfalls weg, da man es vorziehen wird, auf dem Oelpapier für das richtig orientirte Bild neue und neue Marken zu machen.

Die Expositionsvorrichtung, einen Spalt, welcher mit grosser Geschwindigkeit durch den Strahlenkegel, wo er am dünnsten ist, durchgeführt wird, bringt man vortheilhafter vor dem Gitter, als hinter dem Vergrösserungsapparat an, da ersterer Ort näher zur Unterstützung des Instrumentes liegt, und deshalb Erschütterungen durch den häufig durchschnellenden Momentverschluss von geringerer Einwirkung sind. Derselbe, ähnlich gedacht, wie er in den Bothkamper Beobachtungen beschrieben ist, wird zur Erzielung einer möglichsten Constanz seines Verhaltens bei verschiedenen Zenithdistanzen horizontal eingesetzt. Die Regulirung der Spaltöffnung, d. i. der Expositionszeit, muss von aussen leicht und messbar bewerkstelligt werden können. Für die Auslösung erscheint eine elektrische oder pneumatische Einrichtung bequem, doch nicht nothwendig. Geschieht sie einfach durch die Hand, so soll der Druck auf den leicht ansprechenden Auslösungshebel in die Richtung der Rohraxe fallen.

Stundenaxe nach der Polhöhe des Ortes geschehen und hat man die Sonne einmal ins Gesichtsfeld gebracht, während an einer Kurbel, welche ein äquatoreales Fortrücken von Zahn zu Zahn veranlasst, in bestimmtem Tacte gedreht wird, so besorgt das Stativ selbst die Umwandlung der äquatorealen in horizontale Coordinaten und das Bild bleibt beständig im Gesichtsfelde des nach der Verticalen und Horizontalen immer gleichartig orientirten Rohres. Auf Kerguelen wurde jedoch diese Einrichtung nicht benützt, da die Zahnübertragung nicht fein genug erschien (bei rückgängiger Bewegung offenbarte sich ein zu grosser todter Gang), sondern das gut äquilibrirte Instrument während der Erscheinung ungeklemmt verwendet, so dass die Sonne jedesmal in ihre Position hineinlief und jede Erschütterung vor der Aufnahme wegfiel.

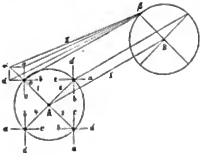
Die Zeichnung stellt den Momentverschluss des Kergueleninstrumentes, wie ich ihn bei den Vorversuchen construiren liess, dar. In einem Metallschlitten befindet sich eine rechteckige Oeffnung S, welche etwas grösser als das Sonnenbild in jener Ebene, in welcher der Momentverschluss eingesetzt wird, ist. Vor dieser schnellt durch Federkraft dd ein zweiter, in der Bewegungsrichtung verstellbarer Spalt s vorüber. Die Verstellung desselben geschieht durch die Schraube a, an welche ein Schraubenkopf angesetzt werden kann, und wird bei b abgelesen; für die Breite s = o zeigt die Scala ebenfalls o. Die Auslösung des Schlittens mit dem verstellbaren Spalt s erfolgt durch den Drücker c, welcher, in senkrechtem Sinne zur Verschlussebene wirkend, den federnden Widerhaken f hebt. e ist ein zweiter Widerhaken, welcher dazu dient, die Stellung, wo s in voller Oeffnung vor S steht, also dem Lichte freien Durchgang gestattet, fest zu halten. Es ermöglicht dies, verschiedene Operationen und Controlen am Instrumente vorzunehmen, ohne den Momentverschluss zu entfernen. Man könnte auch die Expositionsdauer durch Variation der Objectivöffnung in Anwendung von Blenden reguliren. Die Schwerfälligkeit dieser Manipulation und besonders der Umstand, dass jede Blende andere Beugungsverhältnisse in das Bild einführt, lassen jedoch diese Methode weniger empfehlenswerth erscheinen.



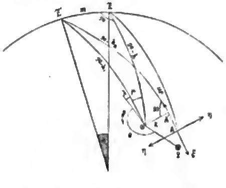
Die Cassette soll, da Holz allen Witterungseinflüssen unterworfen ist, aus Metall gefertigt sein. Das Rohr, für diese äquilibrirt, kippt natürlich über, sobald sie mit dem exponirten Bilde behufs Plattenwechsel daraus entfernt wird. Dieser Unbequemlichkeit wäre einfach zu begegnen, indem man den Cameratheil des Instrumentes durch einen Faden mit dem Boden des Observatoriums verbindet. Verwendet man nasses und trockenes Verfahren, so empfiehlt es sich, für jedes eine separate Cassette, die aber möglichst gleich gearbeitet sein sollen, zu benutzen.

Bei scharfen Positionswinkelbestimmungen genügt es nicht, das Instrument überhaupt nivellirt zu haben, vielmehr muss in gewissen Zeiträumen der Erscheinung die Neigung der Horizontalaxe ermittelt werden, um aus ihr für jede Aufnahme die relative Drehung des Gitters gegen eine bestimmte Richtung ableiten zu können. Es folgt hieraus, dass die Libelle am zweckmässigsten

am photographischen Rohre selbst angebracht wird. In diesem Falle ist nur das Nivellement etwas umständlicher, als wenn die Libelle direct auf der Umdrehungsaxe des Rohres sitzt. Damit nämlich die Angaben der am Rohr postirten Libelle zugleich die Neigung der Umdrehungsaxe (I) repräsentiren, ist es nothwendig, die kleine am Rohr angebrachte Axe (II) jener I parallel zu stellen, wozu das eine Lager von II in zwei zu einander senkrechten Richtungen regulirbar sein muss. Man erreicht dies folgend: In der Figur seien AB die Richtung der Umdrehungsaxe I, $\alpha\beta$ jene von II. Der Winkel zwischen beiden ist dann $<\alpha\beta e$. Diese Abweichung kann nun in zwei Componenten parallel den beiden Stellrichtungen zerlegt gedacht werden, in $<a\beta e$ und $<d\beta e$. Um dieselben auf Null zu reduciren, führt man das Rohr durch Drehung um I, während es stets in demselben instrumentellen Verticalkreise verbleibt, successive in jene Lagen, wo bald die eine, bald die andere Stellrichtung in die Verticale fällt, und hierauf in die diametral entgegengesetzten Lagen. Die halbe Differenz der Neigungen in 1 und 3 giebt die Correction der Richtung ac, jene in 2 und 4 die Correction für bd. Das Mittel 1 und 3 resp. 2 und 4 giebt andererseits die Neigung der Umdrehungsaxe I.



Es werde hier zugleich erörtert, in welcher Weise die Neigung des Photoheliographen auf den Positionswinkel einwirkt. In Verbindung damit finde auch der Umstand Berücksichtigung, dass allgemein der Sonnenmittelpunkt des photographischen Bildes nicht genau in den Kreuzungsmittelpunkt des Gitters fallen wird. Angenommen: A (Fig.) wäre der Mittelpunkt des vergrösserten Gitters auf der matten Scheibe der Cassette, ⊙ der Sonnenmittelpunkt, welcher links von A fiele. Die Richtung AZ repräsentire die



Lage der einen Gitteraxe, z. B. der ξ Axe für die Neigung Null, AZ' für die Neigung + m = Erhöhung des rechten Endes der Horizontalaxe für den nach der Sonne blickenden Beobachter. Der Positionswinkel der Distanz ⊙♀ am Sonnenmittelpunkt (in der Figur ist eine südliche Station von 1874 ins Auge gefasst) werde von dem oberen Sonnenrande des Bildes, d. i. jenem Orte, wo die durch ⊙ parallel zur ξ Axe gedachte Gerade den oberen Rand schneidet, nach links gezählt. Heisst derselbe Θ, während jener, welcher sich auf die wahre durch ⊙ gehende Verticale ⊙Z bezieht, mit Θ_0 bezeichnet wird, so ist

$$\Theta_0 = \Theta + \lambda + \mu$$

wenn λ die Abweichung der Richtung ⊙Z' von AZ' am Punkte ⊙ und μ die wegen der Neigung m anzubringende Correction ist. Setzt man ⊙Z = 90 — h, ⊙Z' = 90 — h_1 und A'Z' = 90 — h_2, wobei ⊙A' = k senkrecht auf die ξ Axe gezogen worden, so folgt zunächst aus dem sphärischen Dreieck Z'⊙A'

$$\sin h_1 = \cos k \sin h_2$$

$$\sin h_2 = \cos k \sin h_1 + \sin k \cos h_1 \sin \lambda$$

also

$$\sin \lambda = \operatorname{tg} k \operatorname{tg} h_1$$

wofür auch bei kleinem k gesetzt werden kann:

$$\lambda = k \operatorname{tg} h_1 .$$

Ferner giebt das sphärische Dreieck Z'⊙Z : $\sin m = \sin \mu \cos h_1$ und bei kleiner Neigung m

$$\mu = m \sec h_1 .$$

Somit ist, wenn man noch für $h_1 \ldots h$ setzt

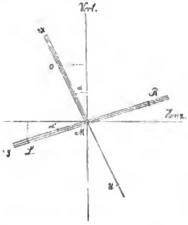
$$\Theta_0 = \Theta + k \operatorname{tg} h + m \sec h.$$

Die Correction wegen k ist also im Horizonte geradezu Null; dort werden die Richtungen ⊙Z' und AZ' parallel. Zugleich ist die Correction wegen m ein Minimum. Je grösser die Sonnenhöhe ist, desto wichtiger erscheint es, auf diese Correctionen des aus den photographischen Ausmessungen folgenden Positionswinkels Rücksicht zu nehmen.[1])

Was die Ermittelung der Orientirung des Gitters selbst, d. i. der Lage der einen oder anderen Coordinatenaxe gegen die Verticale oder Horizontale

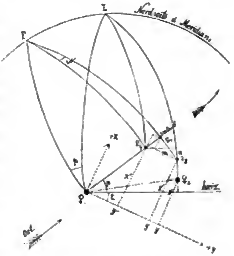
[1]) Die hier angeführten Formeln sind dieselben, welche Hansen in: „P. A. Hansen, Beschreibung eines Fernrohrstativs etc. p. 202. Kgl. sächs. Ges. d. W.“ giebt.

betrifft, so scheint diese Frage am einfachsten dadurch gelöst, dass man hinter dem im Focus befindlichen Gitter ein astronomisches Ocular anbringt und in der Meridianstellung des Instrumentes die eine der Axen in die Richtung der durchlaufenden Sterne dreht, was jedoch ohne besondere Micrometereinrichtung (wodurch eine unabhängige Vervielfältigung der Beobachtung zu erzielen wäre), kaum bis auf die für den Positionswinkel erforderte Genauigkeit von 0.'3 Bogenminuten[1]) erreicht werden dürfte. Setzt man nämlich die Länge der Gitterlinie gleich 36' (etwas grösser als den Sonnendurchmesser) voraus und nimmt an, dass bei ruhiger Luft die Deckung des Sternes bis auf 0."5 genau geschieht, so folgt im ungünstigen Falle als Fehler der Orientirung aus $\mathrm{Tg}\,\varepsilon = \frac{1}{2160}$: $\varepsilon = 1.'6$. Eine ähnliche und sehr variirte Bestimmung erhielte man auch durch Beobachtung von Sternpassagen in verschiedenen Azimuthen des Heliographen, in welchen der Parallel die Gitterlinien in verschiedener Weise schneidet. Doch dürften bei allen diesen Beobachtungen Verzerrung und Versetzung des Sternbildes durch Beugung und Brechung an den vertieften Diamantstrichen störend mitspielen. — Eine analoge Beobachtung auf der matten Scheibe der Cassette auszuführen, gelingt deshalb nicht, weil die Sternbilder durch den Vergrösserungsapparat zu sehr geschwächt erscheinen, während andererseits Sonnenrand- oder Sonnenfleck-Beobachtungen wegen Unbestimmtheit dieser Objecte zu ungenau sind. — Eine Fehlerbestimmung der Lage des Gitters erhielte man durch Anvisiren des focalen Gitters durch das Objectiv des Photoheliographen hindurch mittelst eines Universal-Instrumentes und Messung der Vertical- und Horizontal-Coordinaten mehrerer zweckmässig gewählter Kreuzungspunkte desselben. Die Resultate dieser Bestimmung sind jedoch mit Vorsicht aufzunehmen, da in der Schwierigkeit eines exacten Centrirens des Heliographen- und Universalinstrument-Objectives auf einander



[1]) „P. A. Hansen, Beschreibung eines Fernrohrstativs etc." p. 197.

Ursache für Bildverzeichnung vorhanden ist. Läge die x Axe und y Axe des Originalgitters gegen Verticale und Horizontale, wie in Fig., und wären auf ersterer die Vertical- und Horizontal-Coordinaten der Punkte O, U, auf letzterer der Punkte L, R gegen M gemessen, so muss verlangt werden, dass die zwei unabhängigen Bestimmungen α und α' der Lage des Gitters derart zusammenfallen, dass aus ihnen der anderweitig gemessene Winkel zwischen den Coordinatenaxen x und y folge. Eine Nichtübereinstimmung ausserhalb der Messungsunsicherheit würde den Nachweis von Verzeichnung liefern. — Eine weitere Orientirungsmethode wäre dadurch gegeben, dass man die untere Ansatzfläche der Cassette, auf welche die Platte zu stehen kommt, genau nivellirt oder deren Abweichung von der Horizontalen durchs Niveau ermittelt, anderseits die betreffende Kante der Platte sehr genau schleift und nachträglich die Abweichung der auf dieser Platte abgebildeten einen Gitteraxe vom Parallelismus zu dieser Kante untersucht. — Auch die Photographie eines Lothfadens im Focus eines Collimators gäbe die Gitterorientirung; doch dürften hierbei ähnliche Bedenken, wie bei der Universalinstrumentmethode, in Betracht kommen. — Als sehr einfache Methode präsentirt sich die Aufnahme von Sonnendoppelbildern bei festgeklemmtem Rohr. Sie erlangt erhöhte Genauigkeit für die Zeit der Erscheinung selbst, da die Venusdoppelbilder besonders geeignet erscheinen, die Richtung der täglichen Bewegung zu geben. Da der zweite Venusort wegen Eigenbewegung und Refractionsänderung eine Versetzung bezüglich des wahren, durch den ersten gehenden, Parallels erfährt, ist hierauf Rücksicht zu nehmen. Die Art der Correction sei durch folgendes Beispiel erläutert. Auf der Kerguelen-Insel, einer Beobachtungsstation der südlichen Hemisphäre vom Jahre 1874, wurde der ganze Verlauf der Erscheinung in den Vormittagsstunden gesehen. In der Figur stellt P den Südpol, Z das Zenith dar. Der Beobachter, nach der Nordseite des Meridians gewendet, sah die



Sonne von rechts nach links fortschreiten, während ihre Höhe grösser und grösser wurde. Zur Zeit T_1 stünde die Venus in ♀$_1$, zur Zeit T_2 in ♀$_2$. Befreien wir ♀$_2$ vom Einfluss der relativen Refraction (r), so erhielten wir im Höhenkreise Z♀$_2$ die Position ♀$_3$ und, nachdem an diesen Ort die Eigenbewegung in Rectascension ($\Delta\alpha$) und Declination ($\Delta\delta$) für die Zwischenzeit mit entgegengesetztem Zeichen angebracht worden, die Position ♀$_4$. ♀$_1$♀$_4$ ist dann die Richtung des Parallels. Die erwähnten Reductionen kann man gleich in den gemessenen, von Verzeichnung befreiten, Relativcoordinaten des Ortes ♀$_2$ gegen ♀$_1$ ausführen. Dazu seien $+x$ und $+y$ die beiden Coordinatenrichtungen, übertragen auf ♀$_1$, ε der gesuchte Winkel der einen Richtung mit der Horizontalen, p der Winkel zwischen Declinations- und Höhenkreis, d. i. der parallactische Winkel an ♀$_1$. Im Uebrigen ist Alles aus der Figur ersichtlich, wozu blos zu bemerken ist, dass $\Delta\alpha$ und $\Delta\delta$ im Sinne der Verhältnisse des 8. December 1874 eingeführt worden, also $\Delta\alpha$ als eine Aenderung der Rectascension nach West, d. i. als eine Abnahme, $\Delta\delta$ als eine Annäherung an den Aequator. In die folgenden Ausdrücke würden deshalb nur mehr die absoluten Beträge von $\Delta\alpha$ und $\Delta\delta$ einzutragen sein. Der Ort ♀$_3$ ergiebt sich aus

$$x' = x + r\cos\varepsilon$$
$$y' = y - r\sin\varepsilon,$$

der Ort ♀$_4$

$$x'' = x' - [\Delta\alpha\cos\delta\sin(p+\varepsilon) - \Delta\delta\cos(p+\varepsilon)]$$
$$y'' = y' - [\Delta\alpha\cos\delta\cos(p+\varepsilon) + \Delta\delta\sin(p+\varepsilon)],$$

oder auch wenn

$$m = \Delta\delta\sin p + \Delta\alpha\cos\delta\cos p$$
$$n = \Delta\delta\cos p - \Delta\alpha\cos\delta\sin p$$

gesetzt wird:

$$x'' = x - m\sin\varepsilon + (r+n)\cos\varepsilon$$
$$y'' = y - m\cos\varepsilon - (r+n)\sin\varepsilon.$$

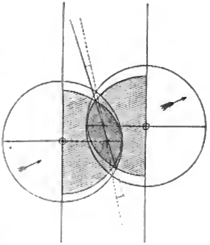
Nachdem p berechnet worden, folgt ein genäherter Werth von ε aus $\operatorname{tg}(p+\varepsilon_0) = \frac{x}{y}$. Mit diesem findet man genähert x'' y'', hiermit ein verbessertes ε etc., endlich nach

$$\operatorname{tg}(p+\varepsilon) = \frac{x''}{y''}$$

den definitiven Werth. — Für die Ermittelung der Gitterorientirung aus der, beiden Sonnenbildern gemeinschaftlichen, Sehne ist zu beachten, dass, nachdem beide Bilder von Verzeichnung des optischen Apparates befreit worden, dieselben

noch Refractionsellipsen (in Voraussetzung nicht zu geringer Höhe) sind, welche sich schneiden. Der strenge Ausdruck des Winkels, um welchen diese Sehne in den wahren Declinationskreis zu drehen ist, lautet:

$$-\frac{\varkappa \operatorname{cotg} n \cos(N+2\,\delta)}{\sin^2(N+\delta)\cos\delta}+\frac{\mu}{2\,\pi\cos\delta}\ ^{1)}$$



worin $\varkappa$ den Refractionscoefficienten für Micrometerbeobachtungen nach Bessel, δ die Declination der Sonne für das Mittel der Zeiten, n N die bekannten Hülfsgrössen zur Berechnung des parallactischen Winkels und μ die 24stündige Aenderung der Declination der Sonne vorstellt. Hinsichtlich des Zeichens dieser Correction ist nur zu bemerken, dass der wahre Declinationskreis stets den kleineren Winkel mit der Verticalen bildet. Bei dieser Methode wird aber immer die Einstellung der Einschnitte an den Enden der Sehne, selbst bei guten Bildern, viel zu wünschen übrig lassen, um so mehr, als sie für beide Coordinatenrichtungen ungleichartig ist, anderseits die Beugung die auf den Sonnengrund sich lagernden Ränder anders als jene, die auf den Himmelsgrund sich projiciren, modificirt. Mit dem am Instrumente festsitzenden Momentverschluss sind natürlich diese Doppelbilder nicht anzufertigen, da die Unveränderlichkeit des Heliographen in der Zwischenzeit der beiden Aufnahmen eine wesentliche Bedingung ist. Man nimmt ihn dazu aus dem Rohre oder giebt ihm zweckmässiger bei voller Spaltöffnung centrale Stellung und führt vor dem Objectiv bei kleiner Blende einen Schirm mit Spalt zweimal schnell und gleichmässig vorüber. Hasselberg beschreibt in der angeführten Abhandlung ein zweckentsprechendes Stativ, welches er 1874 im Hafen Possiet

[1]) Siehe das Referat im IV. Hefte 1876 der „Vierteljahrsschrift der astronomischen Gesellschaft" über „Bearbeitung der photographischen Aufnahmen im Hafen Possiet" von Dr. B. Hasselberg, St. Petersburg 1877 (Russische Expeditionen zur Beob. d. Venusdurchganges 1874) und Bessel's astronomische Untersuchungen I. Bd. pag. 168. Königsberg i. Pr. 1841.

verwendete. Kritisch bleibt es immer, den Spalt zur Erzeugung von Lichtbildern vor dem Objective in Anwendung zu bringen, schwierig, zwei gleich nuancirte Sonnenbilder auf derselben Platte zu erhalten, was selbstverständlich viel mehr für die Sehne als die beiden Venusorte in die Waagschale fällt.

Um den Winkelwerth eines Millimeters für die photographische Platte zu erhalten, läge es nahe, den gemessenen photographischen Sonnendurchmesser mit dem astronomischen zu vergleichen und daraus die fragliche Beziehung abzuleiten. Nach den Erfahrungen aus den Aufnahmen des Venusvorüberganges 1874 erweist sich jedoch dieser von Platte zu Platte veränderlich und selbst die Summe des Sonnen- und Venusdurchmessers derselben Platte als eine ungenügende Constante (vergl. das Capitel über Beugung). Mit Uebergehung der Methoden, den Winkelwerth durch Photographiren einer sehr entfernten Mire von bekannter Dimension oder eines astronomisch bestimmten Netzes im Focus eines Collimators, oder durch Messung der Linienabstände des Gitters durch das Objectiv des Heliographen hindurch, oder endlich durch Verbindung von Weg und scharf registrirter Zeit bei Sonnendoppelbildern (Sternphotographieen sind des lichtschwächenden Vergrösserungsapparates wegen ausgeschlossen) zu erhalten, kämen besonders die Methoden der astronomischen Beobachtung von Sternpassagen an den Linien des Gitters im Focus, wozu hinter demselben ein astronomisches Ocular anzubringen wäre, und der Bestimmung der Brennweite des Heliographenobjectives (zweite Hauptbrennweite, gezählt vom zweiten Hauptpunkte des Objectivsystems) in Betracht. Eine Vergleichung beider entscheidet zu Gunsten der letzteren, der physikalischen Methode. Folgende Betrachtung wird dies erläutern. Heisst die optische Brennweite des Objectives ... F, der Fehler ihrer Ermittelung dF, ferner der Winkel, welcher der Länge l in der Ebene des Originalgitters, dieses zunächst im optischen Focus des Objectives vorausgesetzt, entspricht ... α und $d\alpha$ der durch die Messung von F in α eingeführte Fehler, so besteht wegen $\operatorname{tg}\alpha = \frac{l}{F}$ die Beziehung

$$d\alpha'' = -\frac{l\cos^2\alpha}{F^2\sin 1''}\,dF.$$

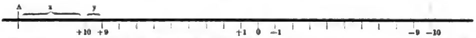
Nach **Bessel** ist der mittlere Fehler **einer** Brennweitenbestimmung bei einer Focallänge 2,56 Meter ... ± 0,09 Millimeter (Nr. 403 der astronomischen Nachrichten). Führen wir ferner beispielsweise die Daten des Heliographen

Kerguelens ein, für welchen die Brennweite nahe 2 Meter ist, und das focale Sonnenbild einen Durchmesser von 19 Millimetern, also die Distanz ♀⊙ in maximo die Länge von 9 Millimetern, besitzt, so folgt als mittlere Unsicherheit der Uebertragung der Distanz ♀⊙ in Winkelmaass 0.″042, als wahrliche 0.″028. Wollte man diese Genauigkeit einer Brennweitenbestimmung durch Passagen des Polarsternes erzielen, so wäre zu beachten, dass, wenn r die wahrscheinliche Beobachtungsunsicherheit eines Sternantrittes an jedem der 21 Striche des Gitters ist, als resultirende Unsicherheit für die Distanz ♀⊙ aus einem Durchgange sehr nahe

$$R = r\,\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{19}} \quad ^{1)}$$

---

1)



Bezeichnet in der Figur A einen festen Punkt und sind +10 +9 .... 0 .... −9 −10 die Gitterstriche, welche der Stern bei einem Durchgange passirt, so bestehen die Gleichungen

$$\left|\begin{array}{l} x + 0.y = n_0 \\ x + 1.y = n_1 \\ \quad\cdots\cdots \\ x + my = n_m \end{array}\right|$$

worin $n_0\ n_1 \ldots n_m$ als Beobachtungsgrössen gelten und mit dem Fehler einer Linienpassage (r) behaftet sind. Heisst r_y die wahrscheinliche Unsicherheit für y (1 Millimeter) so ist (Brünnow, Lehrbuch der sphärischen Astronomie)

$$r_y = \frac{r}{\sqrt{[bb_1]}}$$

worin

$$[bb_1] = [bb] - \frac{[ab]\ [ab]}{[aa]} = \frac{m\,(m+1)\,(m+2)}{12}$$

ist, indem

$$\left\{\begin{array}{l} [aa] = m + 1 \\ [ab] = 1 + 2 + \ldots + m = \dfrac{m\,(m+1)}{2} \\ [bb] = 1 + 2^2 + \ldots + m^2 = \dfrac{m\,(m+1)\,(m+2)}{2.3} \end{array}\right\}$$

folgt; somit ergiebt sich bei m + 1 Gitterstrichen:

$$r_y = r\sqrt{\frac{12}{m\,(m+1)\,(m+2)}}.$$

Durch Uebertragung auf die Distanz ♀⊙ geschieht eine 9malige Vergrösserung dieser Unsicherheit, sodass schliesslich für m = 20 sehr nahe der obige Ausdruck R resultirt.

folgt. Nun ist nach Albrecht („über die Bestimmung von Längendifferenzen mit Hülfe des elektrischen Telegraphen“ Leipzig 1869, pag. 9) bei 150facher Vergrösserung (eine solche als zweckentsprechend angenommen) r = 0.″32 im Bogen grössten Kreises, sodass R = 0.″104 wird. Zur Genauigkeit 0.″028 müssten also 14 Polarsterndurchgänge an allen Strichen des Gitters beobachtet werden. Bei letzteren erschiene überdies ungünstig, dass jede Passage allgemein unter verschiedenen Temperaturverhältnissen vor sich geht und dass an den vertieften Gitterlinien das Bild des Sternes jedenfalls durch Beugung und Brechung irritirt würde. — Die Beziehung des thatsächlichen Ortes des Originalgitters, wie er sich nach empirischen Versuchen in der Plattenebene am günstigsten erwies, zum optischen Focus muss bei der Brennweitenmethode, falls am Heliographen in Ermangelung der Einrichtung für ein astronomisches Ocular hinter dem Focalgitter eine directe Focussirung an Sternen nicht möglich ist, mittelst eines scharf focussirten, stark vergrössernden, Fernrohres durch Anvisiren und Verschiebung des Gitters ermittelt und differentiell berücksichtigt werden. Die Uebertragung von der Ebene des Originalgitters auf die photographische Platte, falls nicht schon bei der Verzeichnungsreduction das Umgekehrte stattgefunden, geschicht durch die bekannte Beziehung zwischen den gemessenen Strichcoordinaten des Originalgitters und der photographischen Platte. Ueber die Ermittelung der Brennweite nach Bessel und deren Verbesserung wegen der Distanz der Hauptpunkte des Objectives nach Gauss siehe unten.

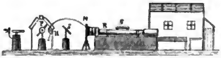
II. Der fest ruhende Photoheliograph.

Die erste Idee, dem Heliographen in Anwendung eines Heliostatspiegels eine feste, unveränderte Lage zu geben, rührt von Laussedat her, welcher mit einem solchen Apparate am 18. Juli 1860 die Sonnenfinsterniss in Algier photographirte. Später erdachte sich Foucault für verschiedene Studien der physikalischen Astronomie ein ähnliches Instrument, das er Siderostat nannte und vervollkommnete besonders den dafür so wichtigen Heliostatspiegel. Für den Venusvorübergang 1874 wurde diese Idee in grossartigem Maassstabe von den Astronomen der Vereinigten Staaten Amerikas an Instrumenten mit 40 Fuss Brennweite verwerthet. Auch Frankreich acceptirte sie in Anwendung kleinerer

Instrumente, nachdem vorher alle bezüglichen Fragen in eingehender Weise untersucht und discutirt worden.

Die günstigen Eigenschaften des fest ruhenden Photoheliographen beziehen sich ebensowohl auf dessen Bau, als die Manipulation mit demselben. Bei beweglichem und mit Vergrösserungssystem versehenem Rohr, bei welchem eine gewisse beträchtliche Länge auch nicht zu umgehen ist, erscheint es fast unmöglich, während den vier Stunden eines Venusvorüberganges für die verschiedenen Sonnenhöhen constante Verhältnisse hinsichtlich des Wärme- und Biegungseffectes, wie sie für die Reduction des grossen photographischen Materials wünschenswerth sind, zu erreichen. Auch die Operation des Einschiebens der schweren Metallcassette bei verschieden geneigter Lage des Apparates, während dieser durch das Nichtaequilibrirtsein nach der Objectivseite niederdrängt, die unausgesetzte Erschütterung der Instrumenttheile durch den in das Rohr fest eingefügten durchschnellenden Momentverschluss erscheinen misslich. Endlich erschwert die Beweglichkeit des Rohres die scharfe Erkenntniss der in jedem Momente statttindenden Orientirungsverhältnisse des Bildes. All' diese Unexactheiten werden durch ein festes, am besten horizontal gestelltes Rohr, das leicht gegen directe Bestrahlung geschützt werden kann, ausgeglichen. Bei diesem wird es ferner möglich, den Cassettentheil direct in die Dunkelkammer münden zu lassen, wodurch die Manipulation des Plattenwechselns auf die einfachste und bequemste Art zurückgeführt ist.

Die Einrichtung der photographischen Station mit einem festruhenden Heliographen, wie sich dieselbe Laussedat vorstellt[1]), ist in Folgendem gegeben. Das photographische Rohr R (Figur) ruht horizontal auf massivem Mauerwerk und kann sowohl in Azimuth als Höhe etwas verstellt werden.



Die Axe desselben wird nahe in den Meridian oder ersten Vertical, je nachdem die Sonne zur Zeit der Mitte der Erscheinung näher der ersten oder zweiten Ebene sich befindet, mit der Cassettenseite gegen die Sonne hin —

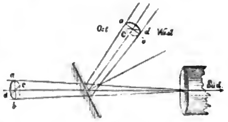
[1]) „Sur un appareil photographique destiné à l'observation des passages de Vénus" par M. A. Laussedat in: Recueil de mémoirs, rapports et documents relatifs à l'observation du passage de Vénus sur le soleil, p. 239.

gebracht, in der Absicht, eine scharfe Orientirung im Azimuth zu ermöglichen, anderseits zu vermeiden, dass Unebenheiten des Heliostatspiegels durch zu schräg auffallende Strahlen zu sehr zum Ausdruck kämen. Die Neigung der Axe wird durch ein Niveau N controlirt. Dem Objective gegenüber befindet sich der Spiegel S auf einem separaten Pfeiler; er besitzt freie Bewegung im horizontalen und verticalen Sinne, um vor jeder Aufnahme mit Leichtigkeit das fortrückende Sonnenbild wieder in die Rohraxe führen zu können. Ein Uhrwerk für den Spiegel erscheint nicht geradezu nothwendig, begünstigt aber sehr ein schnelles Operiren. In der Richtung der beiden erwähnten Pfeiler befindet sich noch ein dritter fürs Passageninstrument P in einem besonderen Häuschen, in welchem auch die Pendeluhr U aufgestellt ist, weiter endlich ein vierter Pfeiler für einen Collimator, dessen Gesichtsfeld Nachts durch eine Lampe erleuchtet wird. Den Momentverschluss, einen durch die eigene Schwere in verticalem Rahmen niedergleitenden Schirm M, denkt sich Laussedat nahe vor dem Objective des Heliographen und mit diesem nur durch eine Hülle schwarzen Stoffes verbunden angebracht, sodass durch ihn Erschütterungen auf das Rohr nicht übertragen werden können. Zur genauen Fixirung des Expositionsmomentes correspondirt M elektrisch mit U. Die photographische Dunkelkammer schliesst unmittelbar an den Heliographen an, indem die Cassettenseite in dieselbe mündet. Um möglichst bequem mit den Platten zu manipuliren, sind an den Wänden der Kammer zu beiden Seiten des Rohres Fächergestelle angebracht, deren Eines im Anschluss an den Präparationstisch die präparirten Platten, das andere nächst dem Entwickelungstische die exponirten aufnimmt.[1])

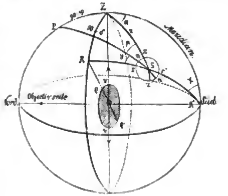
---

[1]) Zu diesem Arrangement wäre zu bemerken, dass es nicht empfehlenswerth erscheint, den Momentverschluss vor dem Objective anzubringen, weil dadurch ganz abnorme Beugungsverhältnisse in das Bild eingeführt werden. Geschehen die Aufnahmen im Focus des Objectives selbst, so bringt man ihn zweckmässig etwas vor demselben, natürlich wieder isolirt, an; im Falle einer Ocularvergrösserung hat man wie beim beweglichen Heliographen die Wahl zwischen diesem Focus und dem Orte hinter dem Vergrösserungsapparat, wo der Querschnitt des Strahlenkegels abermals ein Minimum wird und das reelle Bild der Objectivöffnung liegt. Der Collimator anderseits, dessen Benützung die jedesmalige Entfernung des Passageninstrumentes verlangt, erscheint überflüssig, sobald letzterem genügende Stabilität gegeben wird. Endlich dürfte es zweckmässig sein, am Rohre noch eine zweite Libelle, senkrecht zur Axe desselben, anzubringen, um Veränderungen in der Ebene des Positionswinkels controliren zu können.

In Algier bestimmte Laussedat den Positionswinkel dadurch, dass er die eine Kante der zu verwendenden Platte, welche sorgsam geschliffen worden, durch Aufsetzen auf die genau nivellirte Querleiste des Cassettenrahmens horizontal stellte und den dazu verticalen Sonnendurchmesser als Ausgangslinie acceptirte. Diese Methode würde natürlich für einen Venusvorübergang nicht praktisch[1]) sein, und er schlägt vor, ein Fadenkreuz im Focus anzubringen, das, astronomisch orientirt, auf jeder Platte mit abgebildet wird. Der Kreuzungspunkt desselben soll in der optischen Axe des Rohres liegen.



Die Beziehungen zwischen dem bei solcher Montirung aufgenommenen photographischen Sonnenbilde und dem wirklichen lassen sich leicht überlegen. Was zuerst den Gang der Lichtstrahlen betrifft, so ist klar, dass das direct im Focus aufgenommene Bild verkehrt, das noch durch eine Linse vergrösserte Bild aber gleich postirt ist mit dem virtuellen Bilde der Sonne im Spiegel. Letzteres erscheint aber für den Beobachter in der Rohraxe ganz analog dem wirklichen coelestischen Bilde. Nehmen wir nun an, die Beobachtungsstation befinde sich auf der nördlichen Hemisphäre es wäre ferner die Rohraxe in die Ebene des Meridians, also die Cassettenseite in die Richtung nach Süd gebracht. Die Ebene der photographischen Platte fällt dann in den ersten Vertical; ihre Schichtseite liegt nach Nord. Für den gegebenen Augenblick einer Aufnahme stünde die Sonne ausserhalb des Meridians, vielleicht im Südwestquadranten, wie in der Figur. Der verticale Durchmesser vv' der photographischen Platte ist dann durchaus nicht mit dem coelistischen verticalen zz' zu verwechseln;

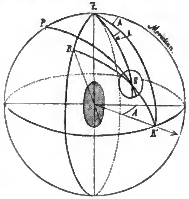


[1]) Es würden dafür 100 bis 200 Platten an der einen Kante sorgfältig zu schleifen sein.

doch lässt sich die Beziehung zu diesem und zu nn', dem Durchmesser im Declinationskreise, leicht erkennen. Zunächst folgt, da die Reflexionsebene RR'O ebensowohl wie die Meridianebene ZR'O perpendiculär zur Ebene der Platte stehen, dass < x = < ROZ sei. Hat man also < x aus dem sphärischen Dreiecke ZSR' mit den bekannten Stücken: SZ = Zenithdistanz, ZR' = 90° und a = Azimuth ermittelt, so giebt die Uebertragung dieses Winkels auf das photographische Bild von der Verticalen aus (östlich, wenn die Sonne vor dem Meridian, westlich, wenn sie über demselben steht) den in der Reflexionsebene liegenden Sonnendurchmesser $\varrho\varrho'$, während derselbe im coelestischen Bilde durch rr' repräsentirt ist. Aus dem vorerwähnten Dreiecke ergiebt sich aber zugleich der Winkel an S und damit < ZSR, welcher sich aus dem parallactischen Winkel p zwischen Vertical- und Declinationskreis und dem unbekannten Winkel y zusammensetzt. Es lässt sich daher letzterer bestimmen; dieser endlich von $\varrho\varrho'$ aus resp. < y—x von vv' aus im richtigen Sinne aufgetragen, giebt die Lage des im Declinationkreise liegenden Durchmessers im photographischen Bilde und hiermit die Ausgangslinie für die Positionswinkelmessung. Ganz analog werden die Verhältnisse für den Fall, wo die Rohraxe in den ersten Vertical fällt, discutirt, weshalb sie nicht weiter erörtert zu werden brauchen.

Wie erwähnt, ging die Wahl der Ebenen des Meridians oder Verticals als Aufstellungsebene für den Heliographen aus der Ueberlegung hervor, dass man diese ausgezeichneten Richtungen besonders scharf festzulegen vermag. Nach Cornu's Erfahrungen bei der partiellen Sonnenfinsterniss am 26. Mai 1873, welche derselbe in Paris nach den von Frankreich für die Venusexpeditionen acceptirten Principien mit einem festruhenden Heliographen photographirte, erscheint es aber für die Güte der Bilder vortheilhafter, die Rohraxe direct in den Vertical der Mitte der Erscheinung zu postiren, so dass der mittlere Reflexionswinkel für den Heliostatspiegel ein Minimum würde. Die sorgfältige Prüfung seiner 30 Daguerreotypaufnahmen zeigte nämlich, dass die Güte der Sonnenränder in zwei zu einander senkrechten Richtungen eine verschiedene war, derart, dass die besten Ränder stets in der Reflexionsebene lagen. Hieraus und aus dem Umstande, dass auch der Focus vor der Finsterniss eine kleine Rectification erfahren musste, folgt, dass der Spiegel eine Aenderung seiner Krümmungsverhältnisse erlitten habe, welche Cornu aus der längeren

Bestrahlung desselben durch die Sonne, wie eine solche sein Operiren ohne Hülfskraft mit sich brachte, erklärt und welche durch die ungünstigen Verhältnisse der Aufstellung des Instrumentes bei sehr schräg auf den Spiegel fallenden Strahlen besonderen Ausdruck fand. — Für die Art der Aufstellung in den mittleren Vertical der Erscheinung bestimmt man das Azimuth der nivellirten Rohraxe nach bekannten astronomischen Methoden mittelst eines Universalinstrumentes und führt den Uebergang von den coelestischen Richtungen zu jenen der Platte in derselben Weise, wie oben, aus, indem man nur beachtet, dass jetzt (Fig.) der Winkel an Z im sphärischen Dreieck R'SZ gleich der Differenz von Azimuth der Sonne und Azimuth der Rohraxe ist.



Als Beispiel zweckmässiger Anordnung der einzelnen Theile des festruhenden Heliographen diene das „Project eines photographischen Apparates zur Beobachtung des Venusvorübergánges" von C. Wolf und Ad. Martin (vorgelegt der französischen Venuscommission am 15. Febr. 1873).[1]

Man erkennt, dass der Vereinfachung des optischen Systems beim festruhenden Rohr in Anwendung grosser Focallängen wieder Abbruch geschieht durch das neu eingeführte Stück, den Spiegel, dessen Vermittelung nicht ohne Misstrauen betrachtet werden kann. Soll dieser ein unverzeichnetes Bild geben, so muss er zunächst vollkommen eben sein. Dass es möglich, dies zu erreichen, wird von französischer Seite namentlich mit Hinweis auf den nach Foucault's Methode von Ad. Martin für den Siderostat hergestellten Spiegel betont. Der Spiegel darf ferner durch längere Bestrahlung der Sonne keine Aenderung der Oberflächenkrümmung erfahren, oder, wenn dies nicht zu erreichen, muss Vorkehrung getroffen werden, die Aenderung auf ein Minimum zu reduciren. Als ältere Erfahrung ist in dieser Beziehung anzuführen, dass der erwähnte

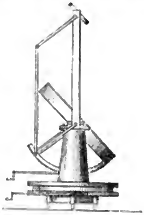
[1]) „Projet d'appareil photographique pour l'observation du passage de Vénus" par M. M. C. Wolf et Ad. Martin in: „Recueil de mémoirs, rapports et documents relatifs à l'observation du passage de Vénus sur le Soleil." Paris 1874.

Foucault'sche Spiegel vor seiner Versilberung eine Stunde lang den directen Sonnenstrahlen ausgesetzt wurde und keinerlei Formveränderung zeigte. Eine analoge Prüfung wurde von Wolf und Martin am completen photographischen Apparat angestellt; dazu wurde der Heliostatspiegel, nachdem er länger von der Sonne beschienen worden, gegen eine Mire mit feinem Strichsystem dirigirt und deren reflectirtes Bild im vollständig gegen Bestrahlung geschützten photographischen Rohr betrachtet. Man fand, dass der Focus nach der Exposition des Spiegels keine Veränderung erlitt und das Bild ganz ohne Astigmatismus blieb. Dem gegenüber steht jedoch die oben erwähnte Erfahrung von Cornu und eine andere von Fizeau. Letzterer constatirte zur Entscheidung der Frage, ob Spiegelteleskop oder Refractor für die photographische Sonnenbeobachtung vorzuziehen sei (bekanntlich besitzen sphärische Spiegel die werthvolle Eigenschaft, das Licht nicht in seine farbigen Bestandtheile zu zerlegen, weshalb bei diesen vollkommener Achromatismus, also die Focusdifferenz Null, erreicht werden kann), dass ein Wärmeeinfluss auf Glasspiegel stattfinde. Die mit einem solchen (Foucault'sches Teleskop mit 2,4 Meter Focaldistanz) bei guter Luft hintereinander aufgenommenen Sonnenphotographien zeigten nämlich sehr ungleichmässige Güte; ausnahmsweise waren sie sehr gut, zum öfteren aber mehr oder minder verschwommen. Der Grund dieser Erscheinung lag in der Wärmeeinwirkung auf die Gestalt des Spiegels, indem das directe Experiment der Annäherung einer bis 100° erhitzten Broncescheibe auf 20—30 Centimeter an den Teleskopspiegel sofort dieselben Eigenthümlichkeiten im Bilde wiederholte, derart, dass das Bild unter diesem Einfluss sich plötzlich trübte und die Focaldistanz bis zu einer Verlängerung von 10 Millimeter variirte.

Ist der Heliostatspiegel nicht vollkommen eben, oder hat eine extreme Temperatureinwirkung seiner Oberfläche eine andere Krümmung gegeben, so ist man mittelst der erwähnten Mire in der Lage, die durch ihn herbeigeführte Verzeichnung des Bildes zu bestimmen und in Rechnung zu ziehen. Man könnte auch dazu die Sonne verwenden, indem man sie von verschiedenen Stellen des Spiegels reflectiren lässt und die Bilder entweder hinsichtlich ihrer Dimensionen oder die successiven Bilder desselben Randes mit der verstrichenen, scharf registrirten, Zwischenzeit vergleicht. Doch in beiden Fällen spielt von Bild zu Bild die Beugung — je nach den Beleuchtungs- und Hervorrufungs-

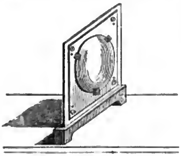
verhältnissen der Platte — in verschiedener Weise mit, wodurch diese Methode nicht exact genug erscheint.

Um den Heliostatspiegel nicht unnöthig zu bestrahlen, verbinden Wolf und Martin mit diesem einen zweiten kleineren Spiegel, welcher während des Ueberdecktseins des grossen als Sucher dient und seine Bewegung in vollkommen gleichartiger Weise auf denselben überträgt. Die Fig. zeigt das nähere Detail seiner Montirung. Eine gusseiserne Scheibe, welche um das Centrum eines massiven Sockels rotirt, trägt zwei Stützen, in denen als Lager die Axenenden der Trommel des grossen Spiegels ruhen. Diese Stützsäulen sind durch weitere Ansatzstücke verlängert (mit Rücksicht auf den höchsten Stand der Sonne während der Erscheinung an der betreffenden Station) und tragen in der Verticalebene der ersten eine zweite zu dieser parallele Horizontalaxe, an welcher der kleine Spiegel befestigt ist. Letzterer folgt durch Uebertragung eines gegliederten Parallelogramms gleichlaufend allen Bewegungen des grossen Spiegels und veranlasst, einmal exact orientirt, gleichzeitig die Orientirung des anderen. Die Einstellung geschieht durch Kurbeln und Zahnübertragung im verticalen und horizontalen Sinne. — Haupterforderniss an die Montirung eines solchen Heliostatspiegels ist: vollkommene Stabilität während der Dauer der Exposition.



Das vom Heliostatspiegel reflectirte Sonnenbild trifft bei dem im Project beschriebenen Heliographen einen versilberten, in der Mitte durchbrochenen Teleskopspiegel von 21 Centimeter Oeffnung, vor welchem nach Cassegrainscher Art ein kleiner Planspiegel angebracht ist, um das Focalbild in der Axe hinter den Objectivspiegel zu verlegen. Das Fehlen des centralen Theiles im Teleskopspiegel ist der Schärfe des von ihm erzeugten Bildes nicht nachtheilig; es wird vielmehr, wie die Beugungstheorie lehrt, durch näheres Aneinanderrücken der Beugungsringe bei centraler Abblendung die optische Kraft eines Spiegels oder einer Linse erhöht. Von Wolf und Martin wurde auch in einem besonderen Experimente gezeigt, dass eine entfernt aufgestellte getheilte Mire, die bei voller Spiegelöffnung kaum getrennt werden konnte, bei

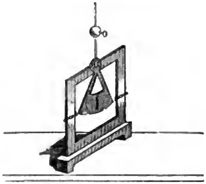
centraler Abblendung deutlich aufzulösen war. Das Focalbild der Sonne hat 12 Millimeter Durchmesser und wird durch ein photographisches Objectiv fünfmal vergrössert auf die sensible Platte projieirt. Alle Theile des Heliographen: die beiden Objectivspiegel, das Vergrösserungssystem und der Rahmen, welcher die photographische Platte aufnimmt, werden separirt von Gusseisenrahmen nach demselben Modell getragen, die zugleich einer scharfen Berichtigung betreffs ihrer Centrirung fähig erscheinen. Dieselben, an der unteren Seite sorgfältig geebnet, kommen zunächst auf einer gut geebneten Bank aus Gusseisen,



welche auf zwei Steinpfeilern ruht, zu stehen. Jedes Stück (Fig.) besteht aus zwei Theilen, 1. einem rechtwinkligen Rahmen mit angegossenem geebneten Schuh, welcher an der Bank verschraubt wird; 2. einem zweiten Rahmen, welcher den Spiegel, die Vergrösserungslinse oder die Cassette aufnimmt und mit dem ersten durch Zug und Druckschrauben verbunden ist. Durch den Guss dieser Stücke nach gleichem Modell wird unmittelbar erreicht, dass die Mittelpunkte der optischen Theile des Apparates sich in derselben Höhe befinden, so dass die Centrirung sich nur auf die Regulirung ihrer Ebenen gegen diese Verbindungslinie zu beziehen hat. Dazu dient ein weiteres Rahmenstück mit einer kleinen Oeffnung in der Höhe der optischen Axe, welches, an der Cassettenseite postirt, das constante Visurobject bildet. Während vom Teleskopspiegel das äussere Licht abgehalten und der Vergrösserungsapparat zeitweilig entfernt wird, visirt man zuerst durch die erwähnte kleine Oeffnung nach dem kleinen Objectivspiegel und variirt die Neigung desselben so lange, bis das Loch genau in der Mitte erscheint. Dadurch wird dessen Ebene senkrecht zur Visurlinie gestellt. Sodann beleuchtet man den parabolischen Spiegel durch zerstreutes Tageslicht und neigt diesen, bis sein centraler dunkler Theil ebenfalls genau in die Mitte des kleinen Spiegels fällt. Im Uebrigen ist die Centrirung dieselbe, wie die weiter unten angeführte mit Spiegelbildern von Flammen.

Der Momentverschluss, welcher entweder im Focus des Teleskopspiegels unmittelbar hinter demselben oder auch zwischen Vergrösserungssystem und

Cassette, wo durch die Vegrösserungslinse ein reelles Bild des kleinen Planspiegels entsteht, angebracht wird, ist eine in verticaler Ebene pendelnde Scheibe mit constanter Spaltöffnung, deren Durchschnellen durch ein kleines Gewicht, welches über der Axe an einer mit der Scheibe verschmolzenen Stange verschiebbar ist, je nach den Expositionsverhältnissen regulirt wird. Die Auslösung des Pendels geschieht durch einen Elektromagneten im Moment der gelungenen Orientirung des Heliostatspiegels; der Anschlag, d. i. die Beendigung der Aufnahme, macht sich durch ein elektrisches Glockensignal bemerkbar.



Die Orientirung des ganzen Apparates in die Ebene des Meridians (oder die als zweckmässig erachtete Reflexionsebene des Heliostatspiegels) geschieht wie oben nach einem in seiner Aufstellung bekannten astronomischen Instrumente, mit welchem ein in der Plattenebene des Heliographen angebrachtes Fadenkreuz anvisirt wird. Die Horizontalität des Apparates resp. der optischen Axe desselben wird durch Nivellement der Bank erreicht.

Die Ausgangslinie für Positionswinkelmessung wird erhalten entweder durch einen Faden, der unmittelbar vor der Platte zwischen zwei regulirbare und durch ein Niveau zu controlirende Träger gespannt ist und mitphotographirt wird, oder durch ein horizontales Lineal, welches vor dem oberen Theil der Platte gleitet. Wird der Momentverschluss hinter das Vergrösserungssystem postirt, so hindert nichts, diese Marken im Focus selbst anzubringen.

Die Focussirung eines solchen Teleskopes kann ohne Zuhülfenahme eines unendlich entfernten Objectes durch sog. Autocollimation, ähnlich wie sie bei Nadirbeobachtungen über einem Quecksilberhorizonte durch Zusammenfallen von Gegenstand (Fadennetz) und reflectirtem Bild erreicht wird, bewerkstelligt werden. Dazu bringt man in den genähert bekannten Focus ein Netz, welches, intensiv beleuchtet, mit einem Nadirocular betrachtet wird. Der kleine Objectivplanspiegel reflectirt das Bild des Netzes in den parabolischen Spiegel und dieser formirt ein Bild nahe dem Gegenstandsnetze. Die angestrebte

Coïncidenz beider wird durch die Abwesenheit jedes parallaktischen Effectes entschieden. Ist so der optische Focus gefunden, so wird der chemische durch Versuche ermittelt. Zweckmässig bedient man sich hierzu einer Platte, deren eine Hälfte eine transparente Theilung als Object trägt, die andere aber die sensible Schicht aufnimmt. Durch systematische Versuche findet man dann jene Stellung, wo das photographische Bild der ersten Plattenhälfte auf der zweiten am besten erscheint und hat damit den chemischen Focus.

Der Winkelwerth einer Längendimension in der photographischen Bildebene wird von Wolf und Martin nach der älteren, Faye'schen Methode: auf derselben Platte in genau bekannten Zeitintervallen denselben Sonnenrand zu photographiren, bestimmt. Diese Operation führt ein Unterbrecher aus, welcher mehrere Male nach einander den Lichtkegel passirt, während der bereits exponirte Theil der Platte durch ein vor derselben avancirendes Stück immer wieder verdeckt wird. Der genaue Moment der photographischen Action wird elektrisch registrirt. Auf den von ihnen benützten Platten mit 8 Centimeter Seitenlänge zeichnen sich derart 12 Bilder desselben Randes, jedes von dem anderen um 5 Millimeter entfernt, bei einer Zwischenzeit von 10 Secunden ein. Natürlich beansprucht diese Methode grosse Stabilität des photographischen Rohres, welche gerade beim festruhenden Heliostaten vorhanden ist. Ihr stehen nur die oben ausgesprochenen Bedenken wegen Variation des Beugungseffectes von Aufnahme zu Aufnahme entgegen; doch dürfte sie bei gleichartigem guten Luftzustande Befriedigendes geben.

Das Gesetz der longitudinalen Verschiebung der Bildebene mit der Temperaturänderung wird durch öftere scharfe Focussirung des Heliographen und Ablesung eines seitlich an der Bank befestigten Metallthermometers (ein Kupferstab von der Länge der Bank, welcher an dem freien Ende mit einem Nonius versehen ist) erkannt und dient ebensowohl zur Ermittelung des günstigsten Plattenortes als des richtigen Winkelwerthes für die Ebene der faktischen Aufnahme. Um grössere Temperaturänderungen zu vermeiden, wird der Heliograph mit einem Schutzdach von dünnem Holz, welches zweckmässig doppelt genommen wird, überdeckt. Beim Heliostatspiegel besteht das Dach aus Tuch oder Carton, verhüllt nur den grossen Spiegel und ist dem ganzen Umfange nach leicht in zwei Hälften zu trennen.

Das Centriren des Photoheliographen.

Ein Haupterforderniss für gute, gleichmässig nuancirte photographische Aufnahmen und möglichst einfache Interpretation der Verzeichnungsverhältnisse ist, dass der optische Apparat, abgesehen von verlangter Güte und richtiger Combination der Gläser, derart zusammengestellt sei, dass die Axen aller Linsengläser eine einzige optische Axe bilden und jene Ebene, in welcher das Bild entworfen wird, senkrecht zu dieser Richtung stehe.

Fassen wir den allgemeineren Fall ins Auge, dass es sich um einen Apparat handle, bei welchem das im Focus des Objectives erzeugte Bild vergrössert auf jene Ebene übertragen wird, in welcher die photographische Aufnahme geschieht. Die Centrirung der optischen Systeme für sich, also des achromatischen Objectives, derart, dass die gemeinschaftliche Axe der Convex- und Concavlinse genau im Mittelpunkt der kreisrunden Fassung liege, ebenso des Vergrösserungssystemes, muss dem Optiker überlassen bleiben und kann von diesem auch mit aller Schärfe hergestellt werden.[1] Die Centrirung des Rohres, d. i. der optischen Systeme gegen einander, wird zwar ebenfalls vom Mechaniker durchgeführt, kann aber, namentlich, wenn das Instrument nicht sehr massiv gebaut, überdies nicht in allen Theilen fest verbunden ist, nicht als constant vorausgesetzt werden und muss controlirt, eventuell verbessert werden. In der That wird auch der Transport solcher Instrumente, wie bei Sonnenfinsterniss- und Venusvorübergangs-Expeditionen, das fortgesetzte Operiren

[1]) Vgl. Prechtl's praktische Dioptrik, 5. Abschnitt: „Von der technischen Ausführung der optischen Arbeiten zur Herstellung des Fernrohres".

an denselben mit der einzuschiebenden Cassette und dem mit gewisser Kraft durchschnellenden Momentverschluss die ursprünglich genau durchgeführte Centrirung bald ändern.

Die Anwendung eines Glasgitters im Focus lässt es zur Vereinfachung der Verzeichnungsreductionen wünschenswerth erscheinen, dass der Mittelpunkt desselben genau in der optischen Axe des Vergrösserungssystemes liege. Da aber das Gitter, um langwierige Untersuchungen zu ersparen, während einer Reihe von Aufnahmen seine Lage unverrückt gegen den Vergrösserungsapparat bewahren soll, und desshalb am besten mit diesem fest verbunden wird, so muss diese Centrirung ebenfalls schon vom Mechaniker besorgt werden. Im Uebrigen fällt die Centrirungsmethode desselben, falls Vorrichtungen vorhanden wären, das Gitter seitlich zu verschieben und neigen zu können, mit jener des Gesammtrohres zusammen und ist im Folgenden mit enthalten.

Das Centriren des photographischen Rohres besteht aus drei Operationen:

1) dem Centriren am Objective,

2) dem Centriren an der Cassette,

3) dem Centriren am Vergrösserungsapparat.

Man bedient sich dazu eines kleinen Hülfsfernrohres (H). Dasselbe, mit Fadenkreuz versehen, ist an seiner Objectivseite in eine im Centrum durchbrochene, kreisförmige Metallplatte eingeschraubt, an deren einer Seite ein Segment fehlt, um derart eine augenfällige Marke für eine bestimmte Drehungsstellung des kleinen Apparates zu haben. Fig. 1. In dieser Fussplatte sind die unten abgerundeten Stellschrauben a b c, deren zwei der Kreissehne parallel liegen, angebracht. Diese ermöglichen, die Aufsatzebene ändern und damit der optischen Axe des Centrirapparates verschiedene Neigungen geben zu können. Das Ocular befindet sich in einer längeren Auszugsröhre, da mit dem Fernrohr nahe Objecte betrachtet werden sollen und ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Die Linsen α, β bilden ein sog. Micrometerocular, vor welchem das Fadenkreuz F eingezogen ist. In γ kann eine dritte Linse angebracht werden, welche bezweckt, das Rohr im Auszuge zu verkürzen. Zweckmässig erscheint es, H so zu bauen, dass die Collimation des

Fig. 1.



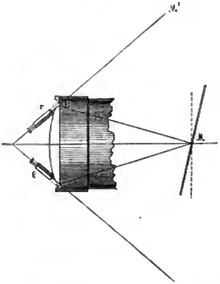
Fig. 2.



Fadenkreuzungspunktes Null sei (Linie OF ⊥ zur Fussplatte) und die optische Axe mit der Mitte des Dreieckes abc zusammenfalle.

1) Das Centriren am Objective. Vergrösserungsapparat herausgenommen. Um, wie erwähnt, das photographische Bild der Sonne nach allen Richtungen gleich nuancirt zu erhalten, ist es nothwendig, namentlich, wenn noch centrirte kleine Blenden im Rohre verwendet sind, dass die optische Axe des Objectives genau in die Mitte der Rohröffnung am Cassettentheile falle. Zur Herstellung dieser Coïncidenz muss das Objectiv durch drei dazu vorhandene Stellschrauben (Zug- und Druckschrauben, die sich allgemein unterm Glase am inneren Ringe befinden) geneigt, also die Axe in diesen Punkt übergeführt werden können, was folgend erreicht wird.

Fig. 3.



Man bezeichne den Mittelpunkt der Rohröffnung oder der Projection der Blenden auf der Visirscheibe der Cassette durch ein kleines regelmässiges Papierstückchen M, welches auf die dem Objective zugewendete Glasseite geklebt wird. Diese Marke wird nun vom Objective aus, indem man am Rande desselben das obige kleine Fernrohr aufsetzt, betrachtet. Fig. 3. Das schmale Strahlenbündel, das von M aus nach r gelangt, passirt gewissermaassen ein Prisma, welches von M ein virtuelles Bild entwirft, so dass dort der Eindruck erfolgt, als läge die Marke in der Richtung M'. Die Entfernung dieses Bildes ist allgemein endlich und verschieden von der Distanz MN; sie ist eine Function der letzteren, des Einfallswinkels und des brechenden Winkels am Prisma. Will man also in r das Bild von M deutlich sehen, so wird man den Auszug von H entsprechend modificiren müssen. Um es weiter noch am Fadenkreuz, dessen einen Faden man zweckmässig parallel bc stellt, zu haben, ändert man, während bc in Contact mit dem Fassungsrande erhalten wird, durch zwei Stellschrauben die Neigung von H und bringt dessen Axe

OF in die Richtung NM′. Hat man derart in der Lage r das Bild der Marke am Kreuzungspunkte und überträgt H diametral gegenüber nach ϱ, wieder, indem bc mit dem Rand der Fassung in Contact tritt (Fig. 4), so wird unter der Voraussetzung, dass das Objectiv in der Fassung richtig centrirt sei, die abermalige Coïncidenz von Bild mit Fadenkreuz darauf hinweisen, dass M in der optischen Axe des Objectives liegt. Findet eine solche nicht statt, so zeigt dies an, dass M ausserhalb derselben sich befindet. Man führt dann die Objectivaxe dadurch in diesen Punkt, dass man die eine Hälfte der Abweichung Bild-Fadenkreuz in der Stellung ϱ durch Neigung des Objectives in der Richtung $r\varrho$ mittelst der betreffenden Schrauben corrigirt; die andere wäre durch Aenderung der Stellschraube a wegzuheben. Ueber den Sinn der Neigungsänderung des Objectives wird man am einfachsten klar, indem man H durch Abheben des Fusses a (resp. von b und c) etwas neigt und sich dadurch vergegenwärtigt, ob das Objectiv an der betreffenden Stelle heraus- oder hineintreten soll. Da allgemein die Abweichung der optischen Axe vom Rohrmittelpunkte M nicht gerade in diese zuerst acceptirte Centrirungsrichtung $r\varrho$ fallen wird, so muss dieselbe Operation noch in einer dazu senkrechten Richtung wiederholt werden. Ist sie auch für diese vollendet, so muss das Bild, einmal aufs Fadenkreuz von H gebracht, an jeder Stelle des Fassungsrandes in Coïncidenz bleiben. Die zwei zu einander senkrecht gewählten Richtungen sind im Uebrigen beliebig; zweckmässig wird man sie aber so wählen, dass die Objectivschrauben möglichst eindeutig zur Verwendung kommen. Bei der Hantirung mit dem kleinen aufs Objectiv aufzusetzenden Fernrohr, dessen Stellschrauben mit dem Glase stets in Contact sein müssen, hat man sich natürlich vor Beschädigung der Linse zu hüten.

Fig. 4.



2) Das Centriren an der Cassette.

Die Ebene der photographischen Platte soll senkrecht zur optischen Axe des Objectives gestellt werden. Zu diesem Zwecke markirt man jetzt den Mittelpunkt des Objectives durch ein kleines, regelmässiges Papierstückchen und sucht das Bild desselben auf der Visirscheibe mit dem Centrirapparate auf, den man in ihrer Mitte aufsetzt. Zweckmässig bezeichnet man die Stellung der drei Füsse von H, sobald ihr Mittelpunkt mit dem früheren Centrirungs-

punkt M zusammenfällt, durch besondere Marken, ebenso in der um 180° gedrehten Position.[1]) Fig. 5. Das Bild von O (Fig. 6) wird wieder allgemein nicht auf den zu b c parallel gestellten Faden von H fallen, was aber durch Verlängerung oder Verkürzung der Fussschraube a bewerkstelligt werden kann. Sobald dies gelungen, betrachte man das Bild mit dem um 180° gedrehten Centrirapparat. Coïncidirt es mit erwähntem Faden nicht mehr, so giebt dies kund, dass die Plattenebene geneigt gegen die Objectivaxe ist. Die Abweichung des Bildes, welche in Fig. 7 durch den Winkel I M II ausgedrückt ist, wird zur Hälfte an der Schraube a, wodurch II in die Lage III kommt und die Stellfüsse des Centrirapparates in der Centrirungsrichtung gleich lang werden, zur Hälfte an den Schrauben des Cassettenlagers corrigirt. Auch diese Centrirung ist in zwei zu einander senkrechten Richtungen auszuführen, am besten in jenen, in welchen die Wirkung der Cassettenlagerschrauben charakteristisch ist. Sind die Bedingungen eines Verziehens der Cassette vorhanden oder wird überhaupt viel am Cassettentheile des Rohrs hantirt, so muss besonders diese Centrirung öfter controlirt und corrigirt werden.

Fig. 5.

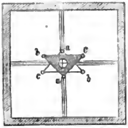


Fig. 6.

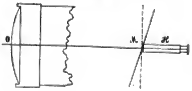
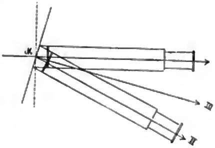


Fig. 7.



Zu bemerken ist, dass es beim Centriren am Objective oder an der Cassette nicht gerade nothwendig erscheint, das Bild stets in Deckung mit dem zu b c parallelen Faden zu bringen. Es genügt, sich die Abweichung in

---

[1]) Die erwähnten Mittelpunktsmarken werden vortheilhaft im Centrum durchbrochen gemacht (Papierscheibchen mit kreisförmigem oder quadratischem Loch), um sie nicht als störend bald wegnehmen, bald wieder erneuern zu müssen.

der Centrirungsrichtung zu merken und darauf zu achten, ob beim Umwenden des Centrirapparates um 180° das Bild auf die gleiche oder entgegengesetzte Seite des Fadens fällt. Geschieht dies entgegengesetzt — im Sinne über und unter dem Faden oder rechts und links vom Faden — und in gleicher Grösse, so ist das Centriren ebenfalls als vollendet zu betrachten.

Dieses Senkrechtstellen der Plattenebene kann noch in einfacherer Weise geschehen, wenn vorher am Centrirapparate ein Senkrechtstellen der Ebene der Füsse desselben zu seiner optischen Axe vorgenommen worden. Letzteres geschieht, indem man zunächst die Linse γ des Oculars, wenn eine solche vorhanden, entfernt, das kleine Fernrohr an einem Stern auf Unendlich einstellt und es dann auf einen Planspiegel aufsetzt. Auf dem Ocular wird ganz so wie bei Nadirbeobachtungen ein kleines durchsichtiges Glasscheibchen oder ein in der Mitte durchbrochenes Spiegelchen derart angebracht, dass die Strahlen einer dasselbe treffenden Lichtquelle in die Axe von H fallen. Das Spiegelbild des so als Lichtquelle fungirenden Fadenkreuzes wird nur dann mit diesem zusammenfallen, wenn die Ebene abc senkrecht zur Linie OF steht, was also immer durch entsprechende Verstellung der Fussschrauben erreicht werden kann. Ist auf diese Weise der Centrirapparat rectificirt, so wird man ihn bloss über dem Punkt M auf die Visirscheibe setzen, womit unmittelbar die früher mit II bezeichnete Stellung gegeben ist, und die Nichtcoïncidenz des Bildes mit dem Faden nur an den Cassettenschrauben corrigiren. Mit solch vorbereitetem Fernrohr findet man auch leicht die Neigung der Plattenebene gegen die Objectivaxe in ihrem numerischen Betrage, indem man dasselbe auf der Visirscheibe so lange suchend verschiebt, bis man durch Coïncidenz von O (Fig. 8) mit Fadenkreuzungspunkt den Punkt P gefunden hat. $\text{Sin } x = \frac{MP}{OM}$.

Fig. 8.

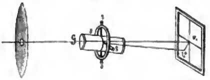


Für die Centrirung am Objective würde sich die Methode mit einem derart corrigirten Centrirapparate weniger eignen, da man ihn nicht leicht ohne besondere Arrangements vollends exact in der Mitte der gekrümmten Linse aufsetzt.

3) Das Centriren am Vergrösserungsapparat. Derselbe wird

in das Rohr wieder eingesetzt. Sind schon die vorangehenden zwei Operationen wichtig, indem sie combinirt ein um die Mitte der Platte symmetrisch nuancirtes und in allen Theilen gleich deutliches Bild zu geben geeignet sind, so ist doch diese dritte die Hauptoperation. Sie bezweckt, die optische Axe des Vergrösserungssystems genau in jene des Objectives zu legen und dadurch das im Focus auf das Glasgitter projicirte Bild in einfachster Verzeichnung zu erhalten; sie führt also den Gittermittelpunkt in die Axe des Objectives und stellt die Ebene des Gitters senkrecht zu dieser, wenn, wie oben vorausgesetzt worden, der Vergrösserungsapparat für sich centrirt ist. Man verfährt dazu in folgender Weise: Man setzt das Hülfsfernrohr H abermals in der oben beschriebenen Weise auf das Objectiv und stellt die Füsse so, dass M mit dem Fadenkreuzungspunkt coïncidirt, bringt dann den Vergrösserungsapparat in das Rohr und verschiebt diesen so lange mittelst der Schrauben s s s s (Fig. 9), bis der Gittermittelpunkt ebenfalls in den Fadenkreuzungspunkt fällt. Ist dies erreicht, so liegen O, G und M in einer geraden Linie, ohne dass jedoch die ganze optische Axe des Vergrösserungsapparates nothwendigerweise in dieser Richtung zu liegen braucht. Betrachtet man also nun die Projection des Gittermittelpunktes auf der Visirscheibe mittelst einer Lupe, so wird diese allgemein nicht in den Punkt M fallen. Die stattfindende Abweichung ist nur dadurch wegzubringen, dass man den Vergrösserungsapparat kippt, wozu durch besondere Einrichtung die Möglichkeit vorhanden sein muss. Letztere Correction wird natürlich die erste afficiren, wesshalb beide Operationen successive wiederholt werden müssen, bis der beabsichtigte Zweck: Ueberführung von G und V nach O M, erreicht ist.

Fig. 9.



Die Centrirung des Rohres wird sich allgemein mit der Zenithdistanz wegen Biegung desselben, also auch im Verlauf der Erscheinung eines Venusvorüberganges, ändern. Zweckmässig wird man desshalb für jene Phase centriren, welche für die betreffende Station am werthvollsten erscheint.

Eine andere Centrirmethode wird von Lewis Rutherfurd [1]) gegeben.

[1]) „Letter of Mr. Rutherfurd to Rear-Admiral Sands, giving a detailed description of the method of solar photography employed in his Observatory." 1872 Jan. 23. (Papers relating

1) Das Centriren des Objectives. Die transparente Visirscheibe der Cassette wird verdeckt bis auf ein kleines Loch in der Mitte derselben, vor welches eine Lichtflamme gehalten wird. Visirt man durch den blauen, durchsichtigen Theil der Flamme nach dem Objectiv, während der Vergrösserungsapparat entfernt worden, so sieht man so lange mehrere Spiegelbilder der Flamme, bis nicht die Objectivaxe in den Mittelpunkt der Cassette geführt ist. Man beobachtet dann nur ein Bild, indem die verschiedenen sich decken.

2) Das Centriren der Platte. Dazu wird das Objectiv mit einer Blende verdeckt, welche in der Mitte ein Loch von etwa $^1/_4$ Zoll besitzt, und nun die Flamme vor dieses gehalten. Damit für dieselbe die Visirscheibe der Cassette in geeigneter Weise als reflectirender Spiegel diene, wird sie auf der dem Objective abgewendeten Seite durch Rauch geschwärzt, der anderen aber bis auf ein kleines Stück in der Mitte von $^1/_4$ Zoll mit stumpfem, schwarzem Papier überklebt. Man variirt dann so lange mit den Schrauben am Cassettenträger, bis dem durch die kleine Objectivöffnung nach der Cassette visirenden Auge die Flamme in deren Mitte erscheint.

3) Das Centriren des Vergrösserungsapparates. In derselben Weise, wie bei der zweiten Operation durch das Objectiv visirend, betrachtet man jetzt die vom Vergrösserungsapparat, der wieder eingefügt worden, erzeugten Spiegelbilder und reducirt diese auf ein einziges durch die am Vergrösserungsapparat angebrachten Schrauben.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Centrirmethode mit Flammen die einfachere ist; jene mit dem Hülfsfernrohr dürfte aber einer grösseren Genauigkeit fähig sein.

---

to the transit of Venus in 1874 prepared under the direction of the Commission authorized by Congress and published by Authorithy of the hon. Secretary of the navy. Washington 1872, part. I, pag. 11.)

Ermittelung der optischen Constanten des Photoheliographen.

I. Brennweitenbestimmung.

Da der photographische Apparat allgemein aus zwei optischen Systemen, dem Objectiv und Vergrösserungsapparat, besteht, so ist die Ermittelung der Hauptbrennweiten und der Lage der Hauptpunkte, welche bekanntlich ein optisches System vollständig bestimmen, für jedes durchzuführen, für das Objectiv mit aller Schärfe, sobald man den Winkelwerth des im Focus angebrachten Strichnetzes auf optischem Wege zu eruiren beabsichtigt, für das Vergrösserungssystem annähernd, um in der Lage zu sein, sich den Ort der besten optischen Bilder berechnen zu können.

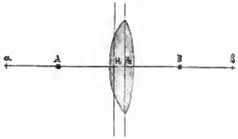
a) Brennweite des Objectives.

Hat man eine einfache Linse, betrachtet deren Dicke gleich Null und fasst nur Strahlen ins Auge, die ihren centralen Theil treffen, so besteht zwischen Brennweite F, Gegenstandsweite a und Bildweite b die bekannte Beziehung

$$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}.$$

Vernachlässigt man jedoch die Linsendicke nicht, so kann die strenge Formel auf genau dieselbe Form gebracht werden, sobald man nur diese drei Grössen auf die von Gauss (dioptrische Untersuchungen § 7) eingeführten

zwei Hauptpunkte der Linse bezieht. In der Figur seien diese für eine Sammellinse mit H_1 und H_2 bezeichnet; H_1 wäre der erste, H_2 der zweite Hauptpunkt. Ihre Charakteristik ist dadurch gegeben, dass ein Object, versetzt



gedacht in die Ebene des ersten Hauptpunktes, aufrecht und gleich gross in der Ebene des zweiten abgebildet wird. Heisst ferner der Ort des Gegenstandes vor der Linse α, seines Bildes hinter derselben β, weiter der Sammelort parallel der optischen Axe auffallender Strahlen vor der Linse A = erster Hauptbrennpunkt, hinter derselben B = zweiter Hauptbrennpunkt, so lautet die strenge Formel:

$$\frac{1}{BH_2} = \frac{1}{\alpha H_1} + \frac{1}{\beta H_2}.$$

Wird zu beiden Seiten der Linse dasselbe Medium vorausgesetzt, so ist überdies $\frac{1}{BH_2} = \frac{1}{AH_1}$, allgemein hingegen, wenn n_1 den Brechungsexponenten vom ersten Medium in Glas, n_2 den Brechungsexponenten von Glas ins zweite Medium darstellt: $BH_2 = n_1 n_2 AH_1$.

Hat man eine Combination von mehreren Linsen vor sich, also ein optisches System, dessen Linsen sich berühren oder von einander weiter abstehen, so bleibt auch dann die Form der obigen Gleichung bestehen, sobald man nur die zwei combinirten Hauptpunkte des ganzen Systems einführt und von ihnen Gegenstands-, Bild- und combinirte Hauptbrenn-Weite zählt.

Immer hat also die obige Form Giltigkeit. Im genäherten Fall wird ihr F vom optischen Mittelpunkt der Linse, d. i. jenem Punkte, durch welchen verschieden geneigte Strahlen unverändert durchgehen, oder von der Linse überhaupt, im strengen Fall vom zweiten Hauptpunkt gezählt. Bei einem optischen System, also schon bei einem Doppelobjectiv, hat nur die zweite Art Berechtigung (Gauss a. a. O. § 13).

Kennt man die Brechungsexponenten der Glassorten, aus denen die einzelnen Linsen des Systems bestehen, kennt man die Dicken und Krümmungsverhältnisse der Linsen, sowie deren Abstände von einander, ist ferner das

System vollständig centrirt, so ist man in der Lage, sich die Hauptbrennweite und die Lage der zwei Hauptpunkte durch Rechnung zu verschaffen. Dieser Weg, theils unzugänglich, theils mühsam, wird umgangen, indem man die Aeusserung des ganzen Systems auf diese Grössen hin interpretirt.

In der That verlangt die Brennweitenbestimmung einer Linse, welche ein reelles Bild entwirft, bei Vernachlässigung ihrer Dicke weiter nichts als die Aufstellung eines Gegenstandes vor derselben und Messung der Entfernung von Bild und Gegenstand von der Linse. Es ist nämlich

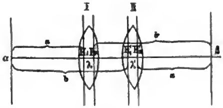
$$F = \frac{a\,b}{a+b}.$$

Zur Verschärfung einer solchen experimentellen Bestimmung wird man sich natürlich Lagen des Gegenstandes suchen, die besonders zweckmässig erscheinen, und wird eine gemachte Bestimmung durch andere Modificationen controliren. So weiss man, dass, wenn Bild und Gegenstand gleich gross erscheinen, der Gegenstand sich in doppelter Brennweite vor der Sammellinse befindet und dass die Bildweite genau ebenso gross ist. Wäre somit gelungen, diesen Ort des Gegenstandes zu finden, und misst man dann einfach den Abstand des Bildes vom Gegenstande, so hat man damit unmittelbar die vierfache Brennweite, so dass ein Abmessungsfehler der Distanz nur im Betrage $^1/_4$ auf die Brennweite übergeht. Wird durch eine andere Stellung des Gegenstandes ein grösserer Abstand vom Bilde als 4 F erreicht, und hält man die Positionen beider fest, so findet man stets zwischen ihnen noch eine andere Lage der Linse, für welche Bild und Gegenstand ihre Rollen wechseln, derart, dass der Gegenstand nach der Bildebene gebracht, genau in der früheren Gegenstandsebene abgebildet wird, was in der Reciprocität der obigen Formel begründet ist. Auf diese Eigenart basirt nun Bessel (Nr. 403 der astronomischen Nachrichten) eine scharfe Brennweitenbestimmung für Objective von Fernröhren, die jedoch, um vollständig strenge zu sein, einer kleinen Correction bedarf, wie dies Gauss a. a. O. § 19 hervorhebt.

Zählt man Brennweite, Gegenstands- und Bildweite bei Vernachlässigung der Linsendicke von einem und demselben Punkte des Objectives, dem sog. optischen Mittelpunkte desselben, so folgt aus $F = \frac{a\,b}{a+b}$ durch einfache Transformation:

$$F = \frac{1/4\,[(a+b)^2-(b-a)^2]}{a+b} = \frac{a+b}{4} - \frac{(b-a)^2}{4\,(a+b)} = \frac{c}{4} - \frac{(b-a)^2}{4c} \;\ldots.\;(I)$$ [1]

worin $a + b = c$ die constante Entfernung Bild-Gegenstand, $b - a$ die Verschiebung des Objectives im zweiten Versuche gegen den ersten bezeichnet. Dieselbe Formel wird aber vollständig strenge und nimmt auf die Objectivdicke Rücksicht, wenn man nach Obigem die Gegenstandsweite vom ersten Hauptpunkte des Objectives, die Bild- und Brennweite vom zweiten Hauptpunkte zählt. Heisst deshalb der Abstand der beiden Hauptpunkte H_1 und H_2 (Fig.)... λ und $\alpha\beta$ wieder c, so ist nur $a + b = c - \lambda$ einzuführen, während $b - a = H_1H'_1 = H_2H'_2$ die Verschiebung des Objectives bleibt, wodurch sich ergiebt:



$$F = \frac{c-\lambda}{4} - \frac{(b-a)^2}{4(c-\lambda)}$$ [2]

$$F = \frac{c}{4} - \frac{(b-a)^2}{4c} - \left(\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda\,(b-a)^2}{4c\,(c-\lambda)}\right) \ldots\ldots\;(II)$$

Der Bessel'sche Ausdruck (I) für F giebt also die Brennweite wesentlich um $1/4$ der Distanz der Hauptpunkte des Systems zu gross, wenn man das vierte Glied der rechten Seite als unmerklich betrachtet.

---

[1]) Nr. 403 der astr. Nachrichten.

[2]) Vgl. die von Bessel in den astr. Untersuchungen Bd. I, pag. 139 gegebene ganz analoge Formel

$$4\,f = E - x - \frac{ee}{E - x},$$

worin x die Entfernung der beiden optischen Mittelpunkte des Objectivs ist (Bessel definirt a. a. O. p. 99 den optischen Mittelpunkt eines Linsensystems als jenen „Punkt, wo gerade Linien sich durchkreuzen, welche correspondirende Punkte eines unendlich entfernten Gegenstandes und seines Bildes mit einander verbinden" und bemerkt ebendaselbst „Allgemein zu reden, hat jedes Linsensystem zwei ähnliche Punkte, nämlich einen für jede der beiden Richtungen, in welchen parallele Strahlen in kleinen Winkeln mit der Axe einfallen können"), f die Distanz des Vereinigungspunktes paralleler durch das System gehender Strahlen vom zugehörigen optischen Mittelpunkte bezeichnet und E die obige Bedeutung von c, e von b—a hat. Vgl. auch Gauss, dioptr. Untersuchungen p. 19, 20.

Es sei noch die allgemeine Lösung der Brennweitenbestimmung nach Gauss, welche diesen Fall in sich begreift, gegeben. Transformiren wir zuerst unsere strenge Formel, bezogen auf die Hauptpunkte, in

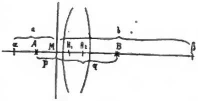
$$b\,(a - F) = aF$$
$$a\,(b - F) = bF$$

und multipliciren beide Gleichungen, so folgt

$$(a - F)\,(b - F) = F^2;$$

ferner, indem man auf die Bedeutung von a, b, F zurückgeht und beachtet, dass $AH_1 = BH_2$ angenommen wird:

$$\alpha A \times \beta B = F^2.$$



Beziehen wir jetzt die Grössen a, b auf einen und denselben Punkt M (Fig.), der, fest verbunden gedacht mit dem Objective, im Uebrigen willkürlich auf der Axe desselben gewählt wird, und als Ausgangspunkt der Abstandsmessungen diene. Es heisse also jetzt $\alpha M = a$, $\beta M = b$, ferner $AM = p$, $BM = q$; dann ist $\alpha A = a-p$, $\beta B = b-q$, folglich

$$(a-p)\,(b-q) = F^2.$$

Die Grössen p, q, F bestimmen vollständig das in Betracht kommende optische System. In der That, ist F ermittelt, so braucht man nur diese Länge von den durch p und q bestimmten Hauptbrennpunkten nach dem System hin aufzutragen, um die Hauptpunkte H_1 H_2 zu finden. Zur Ermittelung dieser drei Grössen sind aber drei Gleichungen nöthig, wozu drei verschiedene Versuche angestellt werden müssen. Ihnen würden die Beziehungen

$$\left.\begin{array}{ll} 1) & (a - p)\,(b - q) = F^2 \\ 2) & (a' - p)\,(b' - q) = F^2 \\ 3) & (a'' - p)\,(b'' - q) = F^2 \end{array}\right\}$$

entsprechen. Kennt man aber auf irgend eine Weise die Entfernung λ der beiden Hauptpunkte (vgl. die Methode unten), so ist $p+q = 2F+\lambda$, und es sind nur zwei Experimente nöthig. Eliminirt man aus 1) 2) und dieser Gleichung p, q, so erhält man leicht die folgende quadratische Bestimmungsgleichung für F:

$$\frac{(a' + b' - a - b)^2}{(a' - a)\,(b' - b)}\,F^2 + 2\,(a + b + a' + b' - 2\lambda)\,F - (a + b' - \lambda)\,(a' + b - \lambda) = 0.$$

Sie geht in eine lineare über, wenn die beiden Versuche so angestellt werden, dass $a'+b'-(a+b) = 0$, also $a'+b' = a+b = c$ ist, d. h. dass die Entfernung des Bildes vom Gegenstande in beiden Fällen eine constante bleibt. Damit dann $\overline{\alpha A}$ zwei reelle verschiedene Werthe besitze, also innerhalb $\overline{\alpha\beta}$ zwei verschiedene Objectivstellungen, welche Reciprocität für α und β herbeiführen, möglich seien, muss die Länge $\alpha\beta$ eine gewisse Bedingung erfüllen. Man hat:

$$\alpha A + \beta B = c - (2F + \lambda)$$

oder

$$\alpha A + \frac{F^2}{\alpha A} = c - (2F + \lambda)$$

somit

$$\overline{\alpha A}^2 - [c - (2F + \lambda)]\,\overline{\alpha A} + F^2 = 0$$

woraus

$$\alpha A = \tfrac{1}{2}(c - 2F - \lambda) \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{(c - 4F - \lambda)(c - \lambda)}$$

ist. Beide Werthe sind reell, sobald $c > 4F + \lambda$, d. i. $\overline{\alpha\beta}$ grösser als die vierfache Brennweite des Objectives, vermehrt um die Distanz der beiden Hauptpunkte, ist. Die quadratische Gleichung geht nun über in:

$$4(c - \lambda)F - [c - \lambda + (b' - b)][c - \lambda - (b' - b)] = 0$$

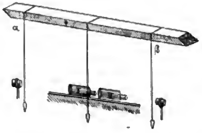
$$4(c - \lambda)F - [(c - \lambda)^2 - (b' - b)^2] = 0$$

woraus

$$F = \frac{c - \lambda}{4} - \frac{(b' - b)^2}{4(c - \lambda)},$$

der obige Ausdruck, folgt.

Bessel beschreibt a. a. O. seine Brennweitenbestimmung des Königsberger Heliometerobjectives. Die Distanz $\alpha\beta$ mass er auf einem sorgfältig geebneten Balken, der, länger als die vierfache Brennweite des Objectives, über dem Rohre, dessen Ocular natürlich entfernt worden, angebracht war. Vom Balken hingen an der einen sich vorneigenden Kante, längs welcher die Abstandsmessung geschah und in deren Richtung die Objectivaxe orientirt worden, zwei Lothfäden herab, welche, betrachtet mit geeigneten Ocularen, abwechselnd als Gegenstand fungirten. Ein drittes Loth diente dazu, die Stellung des in einem Schlitten verschiebbaren Rohres in beiden Versuchen zu markiren. Um das Bild des Lothfadens α in β (resp. von β in α) deutlich zu sehen, war



es nothwendig, den Beobachtungsraum abzudunkeln und Licht bloss durch eine Spalte in der Richtung der Visur einfallen zu lassen. Bessel wiederholte die Brennweitenbestimmung siebenmal und findet als mittleren Fehler einer Bestimmung ± 0,04 Linien (0,09 Mill.) bei einer Brennweite von 7 Fuss 10 Zoll 6,44 Linien (2,55911 Meter). Gauss berechnet für eine ähnliche Brennweite und ein entsprechendes Objectiv (F = 8 Fuss, Dicke der Kronglaslinse 7 Lin., der Flintglaslinse 3 Lin.) das λ zu 3,57 Lin.[1]) und damit als Correction der die Objectivdicke ausser Acht lassenden Brennweite: 0,89 Lin., welche Grösse also bei der Genauigkeit der Bessel'schen Methode wohl zu berücksichtigen ist.

Um die Lage der Hauptpunkte und ihren Abstand λ zu finden, wird von Gauss a. a. O. § 20 und § 21 ein besonders scharfes Verfahren angegeben. Man macht dazu drei Versuche.

1. Versuch. Man bestimme den Ort des Bildes eines sehr entfernten Gegenstandes. In diesem Falle rückt β nach B, folglich ist $\beta M = q$. ($a = \infty$ $b = q$.)

2. Versuch. Man beobachte dasselbe Object, indem man das optische System umdreht, also auch M nach der entgegengesetzten Seite bringt. β fällt dann nach A, und es folgt $\beta M = p$. ($a' = \infty$ $b' = p$.)

3. Versuch. Man bringe in der Linsenstellung des ersten Versuches ein Object möglichst nahe der Linse und bestimme die Abstände αM und $\alpha\beta$ ($a'' = \alpha M$, $b'' = \alpha\beta - a''$), wobei jetzt, da der Gegenstand zwischen dem ersten Brennpunkte und der Linse zu liegen kommt, β ein virtuelles, aufrechtstehendes und vergrössertes Bild wird.

Die so ermittelten Grössen p, q, a'', b'' geben nun wegen

$$\begin{aligned}\lambda &= p + q - 2F \\ &= a'' + b'' - (a'' - p) - (b'' - q) - 2F \\ &= a'' + b'' - (a'' - p) - \frac{F^2}{a'' - p} - 2F \\ &= a'' + b'' - \frac{[F + (a'' - p)]^2}{a'' - p}\end{aligned}$$

für λ:

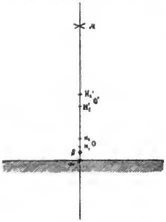
$$\lambda = a'' + b'' + \frac{[p - a'' - \sqrt{(p - a'')(q - b'')}]^2}{p - a''},$$

[1]) Vgl. Bessel's x = 3,6247 Lin. Astr. Untersuchungen Bd. I, p. 140.

worin der eingeklammerte Ausdruck im Zähler des Bruches der rechten Seite der Abstand des Objectes im dritten Versuche vom ersten Hauptpunkte, der Nenner hingegen der Abstand desselben Objectes vom ersten Hauptbrennpunkte ist. War das Object sehr nahe zur Linse gebracht worden, so ist der Bruch in zweifacher Beziehung klein, und die Schärfe der Bestimmung von λ hängt wesentlich nur von der Schärfe der Messung des Abstandes $\alpha\beta$ im dritten Versuche ab. — Mit λ ist die Lage der Hauptpunkte zu M sofort gegeben, nämlich

$$H_1 M = p - F = \tfrac{1}{2}(p-q) + \tfrac{1}{2}\lambda$$
$$H_2 M = F - q = \tfrac{1}{2}(p-q) - \tfrac{1}{2}\lambda.$$

Um die Grösse $a'' + b''$ und bei Kenntniss von a'' den Abstand b'' des virtuellen Bildes von M zu erhalten, schlägt Gauss folgende scharfe und bequeme Methode vor. Man ziehe auf einer ebenen Fläche einen Kreis, etwas grösser, als der Durchmesser der Fassung des centrirten Objectives ist und markire den Mittelpunkt desselben durch ein Strichkreuz. Dies bildet das zu betrachtende Object. Dazu lege man das Objectiv mit der Vorderseite auf die erwähnte Fläche symmetrisch in den Kreis und betrachte das Strichkreuz durch dieses hindurch mit einem zusammengesetzten und mit Fadenkreuz versehenen Mikroskop, das über der Fläche senkrecht und fest aufgestellt wird.



Jene Stellung des Mikroskopes in der Hülse (worin es als Ganzes verschiebbar ist), bei welcher Bild und Fadenkreuz zusammenfallen, zeichne man sich an. Nimmt man dann das Objectiv weg, so findet man eine andere Stellung, für welche wieder Strichkreuz und Fadenkreuz in einer Ebene liegen. Die Differenz beider Stellungen ist $a'' + b''$. Denkt man sich M in jenen Rand der Objectivfassung, welcher die Fläche berührte, verlegt, so ist $a'' = 0$ und die Verschiebung des Mikroskopes $= b''$.

Anmerkung. Heisst die combinirte Brennweite des zu untersuchenden Objectives (0) .... F, jene des Mikroskopobjectives (0') .... F', liegt ferner das Strichkreuz in α (Fig.), das von (0) entworfene virtuelle Bild in β, und fällt

der erste Hauptbrennpunkt von (0') sehr nahe über β, so dass in M, der Fadenkreuzebene des Mikroskopes, das bedeutend vergrösserte Bild von β entsteht, welches weiter mit einer Lupe betrachtet wird, so hat man die strengen Beziehungen:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\alpha H_1} - \frac{1}{\beta H_2}$$

$$\frac{1}{F'} = \frac{1}{\alpha H'_1 - \alpha\beta} + \frac{1}{H'_2 M}$$

und indem man (0) entfernt und bei constanter Länge $H'_2 M$ das Mikroskop verschiebt, bis das Bild von α wieder in M entsteht, wobei also der erste Hauptbrennpunkt von (0') genau um dieselbe Grösse jetzt über α, wie früher über β, liegen muss:

$$\frac{1}{F'} = \frac{1}{\alpha H'_1 + \Delta(\alpha H'_1)} + \frac{1}{H'_2 M},$$

woraus $\Delta(\alpha H'_1)$ d. i. die Verschiebung des ganzen Mikroskopes, gleich $-\alpha\beta$, der Entfernung des virtuellen Bildes β vom Gegenstande α, folgt. — Für Objective von grosser Dicke würde man mit einem Mikroskope nicht mehr ausreichen. Man verwendet dann zweckmässig ein Fernrohr, vor dessen Objectiv eine Sammellinse, deren erster Hauptbrennpunkt unter β fällt, fest angebracht wird. Dadurch wird das virtuelle Bild bedeutend tiefer gelegt und so geeignet zur Betrachtung mit dem Fernrohr. Wieder giebt die Verschiebung des ganzen Fernrohrsystems die Distanz $\alpha\beta$.

Ist in dem oben angeführten 1. und 2. Versuche der Gegenstand nicht unendlich weit, so ist b nicht stricte gleich q (resp. $b' = p$), sondern etwas grösser, und man hat aus

$$b - q = \frac{F^2}{a - p} = \frac{F^2}{a\left(1 - \frac{p}{a}\right)} = \frac{F^2}{a}$$

als Reduction von b auf q, d. i. als Reduction der endlichen Entfernung des Gegenstandes auf unendliche: das Verhältniss der Brennweite im Quadrat, die man dazu nur genähert zu kennen braucht, zur Gegenstandsweite.[1])

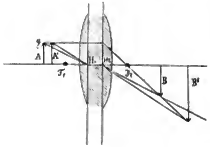
[1]) Die Bessel'sche Methode der Brennweitenbestimmung in Verbindung mit der Gauss-schen Hauptpunktermittelung hatte ich Gelegenheit an den 4 Heliographen-Objectiven der deutschen Expeditionen 1874 nach Kerguelen, Tschifu, Ispahan und Auckland zu prüfen; es sei somit auf die Publikation der deutschen Venuscommission hingewiesen.

Man könnte λ, die Distanz der Hauptpunkte, noch anders ermitteln. Durch zahlreiche Variation der Grössen c und b—a erhält man nämlich eine Reihe von Gleichungen, in welchen ausser F noch λ als Unbekannte betrachtet und in Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate eruirt werden könnte. Oudemans findet jedoch („Sur la détermination des distances focales des lentilles à court foyer.“ Archives Néerlandaises T. XIII), dass diese Methode keine exacte Bestimmung von λ gewährt.

b) Brennweite des Vergrösserungssystems.

Für diese Bestimmung genügt es, folgende Methode, die einfacher und rascher zum Ziele führt, zu verwenden. Man benöthigt dazu bloss eine Camera obscura, die einen Auszug, länger als die zu ermittelnde Brennweite, gestattet. Wird in eine solche der Vergrösserungsapparat als Objectiv eingesetzt, und misst man in zwei Versuchen das Verhältniss von Bild zu Gegenstand, ebenso die Verschiebung der Projectionsebene des Bildes vom 1. zum 2. Versuche, so hat man damit sofort die Brennweite, ohne irgendwelche Kenntniss der Lage der Hauptpunkte nöthig zu haben.

Es seien abermals H_1 und H_2, F_1 und F_2 die Hauptpunkte resp. Hauptbrennpunkte des betrachteten optischen Systems. Da wir zu beiden Seiten desselben gleiches Medium voraussetzen, fallen die Knotenpunkte mit H_1 H_2 zusammen, überdies ist $H_1F_1 = H_2F_2 = F$. Bekanntlich erhält man



dann das Bild B eines Gegenstandes A vor der Linse, indem man von g aus (Fig.), der einen Grenze desselben, nur zwei Strahlen construirt, den zur optischen Axe parallelen und jenen, der nach dem ersten Knotenpunkt — hier H_1 — führt. Ersterer geht vom Durchschnittspunkte mit der zweiten Hauptebene durch den zweiten Hauptbrennpunkt F_2; letzterer hingegen setzt sich parallel zur Richtung gH_1 vom zweiten Hauptpunkt H_2 fort. Wo sich beide Strahlen hinter der Linse schneiden, liegt der Bildpunkt von g. Vernachlässigt man die Dicke des optischen Systems,

so fallen H_1 und H_2 zusammen und man hat die übliche Construction des Bildes bezüglich des sog. optischen Mittelpunktes.

Dies vorausgeschickt, ist unmittelbar einzusehen, dass

$$\frac{BH_2}{AH_1} = \frac{b}{a} = \frac{B}{A} = m$$

die Vergrösserung des Gegenstandes darstellt, durch deren Einführung die strenge Beziehung zwischen Gegenstands-, Bild- und Brennweite übergeht in

und für den 2. Versuch $$\left\{\begin{array}{l} b = F\,(1+m) \\ b' = F\,(1+m') \end{array}\right\}$$

woraus also $$F = \frac{b'-b}{m'-m} \qquad 1)$$

folgt. — Ebenso könnte man auch die Verschiebung des Gegenstandes, d. i. $a-a'$ verwenden, indem man hat:

$$\left\{\begin{array}{l} a = F\left(1+\frac{1}{m}\right) \\ a' = F\left(1+\frac{1}{m'}\right) \end{array}\right\}$$

und $$F = \frac{(a-a')\,mm'}{m'-m}. \qquad 2)$$

Endlich kann es unter Umständen vortheilhafter erscheinen, statt der Verschiebung von Bild oder Gegenstand die relative Aenderung der Entfernung Bild-Gegenstand vom 1. zum 2. Versuche einzuführen. Es ist nämlich

$$c = a+b + \lambda$$

somit

$$\left\{\begin{array}{l} c = F\left(1+\frac{1}{m}\right) + F\,(1+m) + \lambda \\ c' = F\left(1+\frac{1}{m'}\right) + F\,(1+m') + \lambda \end{array}\right\}$$

folglich:

$$F = \frac{c'-c}{m'-m+\frac{1}{m'}-\frac{1}{m}}. \qquad 3)$$

Die Ausdrücke 1) und 3) wurden schon 1873 von **Paschen** in einer der deutschen Venuscommission übergebenen Abhandlung zum Zwecke der Brennweitenbestimmung der photographischen Expeditions-Vergrösserungsapparate vorgeschlagen. Auf ebendieselben kam unabhängig **Mac-Gillavry**, welcher sie im Maandblad voor Natuurwetenschappen 1875 April 3 veröffentlichte.

Letzterer bemerkt, dass, sobald m und m' >1 sind und mm' gross ist, zweckmässig die Methoden 1. und 3. angewandt werden, die 2. hingegen im Falle mm' >1 aber <2 vorzuziehen sei. Oudemans hat auch diese Art der Brennweitenbestimmung an mehreren Linsensystemen geprüft und das Ergebniss in der oben citirten Abhandlung niedergelegt. Er erkennt ihre Vortheile darin, dass sie gar keine Kenntniss der Lage der Hauptpunkte verlangt und rasch zum Ziele führt, aber auch ihre Nachtheile, welche in der Schwierigkeit einer genauen Messung der Vergrösserungen liegen. Indem er ferner die rectificirte Bessel'sche Methode (die Distanz der Hauptpunkte ermittelt er durch Rechnung aus den optischen Constanten des Systems) mit dieser Vergrösserungsmethode an denselben Linsensystemen in Anwendung eines von ihm construirten einfachen Apparates vergleicht, kommt er zu dem bemerkenswerthen Schluss, dass allgemein die Bessel'sche Brennweitenmethode die exactere sei, und dass nur bei sehr kleinen Brennweiten (<10 Mill., d. i. für Mikroskopobjective) die Gillavry'sche den Vorzug verdiene.

Hat man derart F ermittelt, so geben a und b, aufgetragen vom Gegenstande resp. Bilde nach der Linse hin, auch die Lage des 1. resp. 2. Hauptpunktes.

Weitere Brennweitenmethoden.

Meyerstein's Methode. Einen bequemen Apparat zur Brennweitenbestimmung von Linsen und Linsensystemen, besonders, wenn deren Brennweite sehr klein sein sollte, welcher ebenfalls auf Vergrösserungsmessung beruht, beschreibt Dr. Meyerstein im „Repertorium für Experimentalphysik etc.“, herausgegeben von Dr. Carl, 1878, Bd. XIV, p. 363, indem er zugleich hervorhebt, denselben seit 1844 in Gebrauch zu haben. Seine Methode erfordert gleichfalls die Kenntniss der Lage der Hauptpunkte nicht.

Als Gegenstand dient eine Millimeterscala, deren Bild mittelst eines Mikroskopes betrachtet wird. Sind Scala und Mikroskop festgestellt, so muss das Linsensystem zwischen beiden so lange verschoben werden, was längs eines getheilten Stabes geschieht, bis das Bild der Scala in den Gegenstandsort des Mikroskopes fällt. Letzteres ist mit einer Mikrometerschraube versehen und giebt zunächst die Grösse des Bildes in Umdrehungen derselben an, welche jedoch bei einmaliger Kenntniss der Beziehung zwischen Trommel-

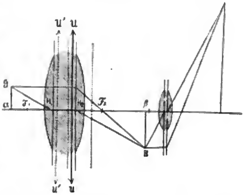
pars und Millimeter in der Gegenstandsebene sofort in die Vergrösserung m umgesetzt werden kann. Nach dieser Messung wird das Linsensystem um eine verticale Axe und 180° gedreht, und abermals in der Richtung der optischen Axe verschoben, bis im Mikroskop wieder das Bild scharf und von gleicher Grösse erscheint. Die Ablesungen des constanten Bildortes, ferner der ersten und zweiten Linsenstellung am getheilten Stabe in Bezug auf den Scalenort geben dann in Verbindung mit m die gesuchte Brennweite. Dies erläutert sich folgend:

Es ist $$F = \frac{ab}{a+b}$$

und wegen $\frac{b}{a} = m$ und $\frac{a}{b} = \frac{1}{m} \ldots \frac{b^2-a^2}{ab} = m - \frac{1}{m}$, folglich

$$F = \frac{b-a}{m-\frac{1}{m}} = \frac{c-(2a+\lambda)}{m-\frac{1}{m}},$$

worin $2a+\lambda$ die Summe der beiden Ablesungen für die Linse, bezogen auf den Scalenort, ist. Fiele nämlich die verticale Umdrehungsaxe des Linsensystems in irgend einen Ort U (Fig.) und nehmen wir der Einfachheit halber an, dass der Index des getheilten Stabes, auf welchem sich dasselbe verschiebt, ebenfalls in diese Linie fällt, so ist das erste Mal für die Linsenstellung abgelesen worden:



$$\alpha U = a + H_1 U,$$

das zweite Mal nach der Umdrehung und Verschiebung:

$$\alpha U' = \alpha U - (H_1 H_2 - 2 H_2 U),$$

da H_2 nach H_1 rücken muss, um das Bild wieder in βB zu haben. Die Summe

$$\alpha U + \alpha U' = 2a + 2(H_1 U + U H_2) - H_1 H_2 = 2a + \lambda$$

giebt also den Theil des Bruchzählers, welcher sich auf die Lage der Hauptpunkte bezieht, ohne diese zu kennen.

Cornu's Methode. Im Journal de physique, tome sixième, année 1877 p. 276 und 308, sucht Cornu die Aufgabe der Bestimmung der Hauptelemente eines optischen Systems in möglichst einfacher Weise zu lösen. Er behandelt das Problem direct, zuerst, indem er durch Visur nach einem unendlich entfernten Gegenstande den Ort der beiden Hauptbrennpunkte bezüglich des Linsensystems ermittelt, dann, indem er einen Gegenstand in endlicher Entfernung α vom ersten Brennpunkt aufstellt, dessen Bild im Abstand β vom zweiten Brennpunkt beobachtet und nach

$$F^2 = \alpha\beta$$

die Focallänge berechnet. Letztere, von den beiden Brennpunkten nach der Linse hin aufgetragen, giebt ihm die beiden Hauptpunkte.

Zur Auffindung der beiden Hauptbrennpunkte könnte man einen genau justirten Collimator oder auch einen Planspiegel, senkrecht zur optischen Axe der Linse, verwenden; doch würden dadurch neue Schwierigkeiten resp. Fehlerquellen in diese Bestimmung eingeführt. Cornu findet es einfacher und ausreichend genau, einen Gegenstand in endlicher grosser Entfernung zu betrachten, indem er an den bekannten Satz erinnert, dass, sobald α das n-fache der Brennweite beträgt, $\beta = \frac{F}{n}$ wird. Ein Objectiv von 0,300 Meter Focallänge giebt sonach den Ort des Bildes eines 300 Meter vom ersten Brennpunkte entfernten Gegenstandes nur $1/3$ Millimeter ausserhalb des zweiten Brennpunktes. Uebrigens macht auch die Berechnung der Reduction auf den wahren Focus, wie schon oben angeführt, keine Schwierigkeit.

Um die Focallänge mit grösstmöglicher Genauigkeit zu erhalten, ist es nothwendig, die Bedingungen des geringsten Einflusses der unvermeidlichen Messungsfehler in α und β auf F aufzusuchen. Zunächst giebt die Differentiation der Gleichung $F^2 = \alpha\beta$

$$2F\,dF = \alpha d\beta + \beta d\alpha$$

also:

$$\frac{dF}{F} = 1/2\left(\frac{d\alpha}{\alpha} + \frac{d\beta}{\beta}\right),$$

und man sieht, dass weder α noch β Null sein dürfen. Als einfachste Betrachtungsweise ergiebt sich der Fall, wo $d\alpha = d\beta$ gleich dem Fehler in der Ermittelung der Hauptbrennpunkte ist. Dann wird

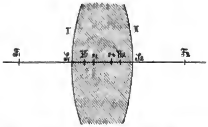
$$\frac{dF}{F} = \frac{d\alpha}{2} \cdot \frac{\alpha+\beta}{\alpha\beta}$$

somit

$$dF = \frac{d\alpha}{2} \cdot \frac{\alpha+\beta}{F}.$$

Der Fehler der Focallänge wird daher ein Minimum, wenn $\alpha = \beta$ ist, was man leicht erhält, indem man $F = \sqrt{\alpha\beta}$ substituirt und den ersten Differentialquotienten von dF nach α resp. β gleich Null setzt. dF Min. $= d\alpha$.

Die Bedingung $\alpha = \beta$ wird zunächst durch die Methode, den Gegenstand in $\alpha = F$ vom ersten Brennpunkte aufzustellen, wodurch die Entfernung Bild-Gegenstand nahe die vierfache Brennweite wird, erfüllt. Das Unbequeme der grossen Länge eines entsprechenden Apparates lässt Cornu nach anderen zweckmässigen Orten in der optischen Axe zur Aufstellung des Gegenstandes suchen, und er findet sie, indem er die äusseren Glasflächen des zu untersuchenden Linsensystems selbst als Gegenstand betrachtet, zu welchem Zweck auf deren Mitte ein feiner Strich mit Pinsel und schwarzer Tusche, verdünnt mit etwas Gummi, gezogen wird. Man erkennt, dass diese Methode ebenso wie die Gauss'sche das Object sehr nahe an die Hauptpunkte bringt, also die Bedingung einer scharfen Ermittelung des Ortes derselben in sich trägt. Läge das Bild von S_1, der Marke der Linsenfläche I (Fig.), gesehen durch die Linse, in s_1, so ist $\alpha = S_1F_1$, $\beta = s_1F_2$, welche Grössen als nahe gleich gelten können. Nennt man also die Distanz des ersten Brennpunktes von der ersten Linsenfläche d, des zweiten Brennpunktes von der letzten d', ferner den Abstand des ersten Strichbildes s_1 von der letzten Fläche $\ldots\varepsilon'$, des zweiten Bildes s_2 von der ersten Fläche $\ldots\varepsilon$, so ist



$$F^2 = d\,(d'+\varepsilon'),$$

analog nach Umkehrung der Linse

$$F^2 = d'\,(d+\varepsilon),$$

woraus die Beziehung $\frac{d}{d'} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon'}$ folgt.

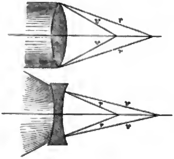
Die Grössen ε' resp. ε werden durch ein Mikroskop mit langem Focus gemessen, das zuerst auf den Strich der zugewendeten Glasfläche, dann auf das Strichbild der abgewendeten — bei Verschiebung des ganzen Mikroskopes auf einem getheilten Stabe — eingestellt wird. Dasselbe Mikroskop, benützt zum Anvisiren des unendlich entfernten Gegenstandes, giebt auch die Grössen d' resp. d. Die Operationen der Cornu'schen Methode bestehen also der Reihe nach in: 1) Anvisirung des Bildes eines sehr entfernten Gegenstandes (Anbringung der Correction auf ∞) oder eines Collimators mittelst des Mikroskopes; 2) Verschiebung des Mikroskopes, bis der Strich der zugewendeten Linsenfläche deutlich erscheint; 3) weitere Verschiebung desselben, bis dies auch mit dem Bilde der abgewendeten Fläche der Fall ist. Hierauf wird das Linsensystem umgedreht und dieselbe Reihe der Operationen wiederholt.

Cornu meint, dass auf diese Weise die Lösung des Problems, die Hauptelemente eines optischen Systems zu ermitteln, auf die grösste praktische Einfachheit gebracht sei. Seine in genannter Abhandlung angeführten Beispiele beziehen sich nur auf Linsen kleiner Brennweite; und zwar ergab ein achromatisches Objectiv eines kleinen astronomischen Fernrohrs die beiden Focallängen 278,45 und 278,47 Millimeter, ein photographisches Doppelobjectiv für Portraits von M. Darlot (Dicke 76,5 Mill.) F = 160,17 und 160,38 Mill., endlich ein schwaches Mikroskopobjectiv F = 26,99 und 27,00 Millimeter.

II. Focusdifferenzbestimmung.

Jede Linse verhält sich dem weissen Lichte gegenüber wie ein Prisma und zerlegt den auffallenden Strahl in seine farbigen Bestandtheile. Da dieselben verschiedene Brechbarkeit besitzen, schneiden sie nach dem Durchgange die optische Axe der Linse in verschiedenen Punkten, haben also verschiedene Vereinigungsweiten. Fallen parallele weisse Strahlen auf eine Sammellinse, so liegt der Brennpunkt für Violett näher zur Linse als für Roth (1. Fig.); fällt anderseits ein convergirender Lichtconus auf eine Zerstreuungslinse, so erfolgt hinter derselben eine umgekehrte Lagerung der farbigen Strahlen (2. Fig.). Lässt man daher den aus der Sammellinse tretenden Conus auf eine Zerstreuungslinse fallen, so ist der mögliche Fall einzusehen, die farbigen Strahlen wieder zu vereinigen, d. h. weisses, ungefärbtes Licht nach dem Durchgange

zu erhalten. Damit dies aber nicht auf Kosten der Brechung geschehe, damit also der zur Axe parallele Strahl nicht wieder parallel austrete, sondern dieselbe schneide, ist es nothwendig, dass die Substanz der zweiten Linse ein anderes Zerstreuungsvermögen dem weissen Strahle gegenüber besitze, als jene der ersten. Bekanntlich gestattet dann die Modifikation des Brennweitenverhältnisses beider Linsen die Achromasie im Bilde zu erreichen. Dieselbe kann jedoch durch zwei in Berührung gebrachte Linsen allein nicht vollkommen hergestellt werden; es gelingt in diesem Falle nur, zwei Farben zu vereinigen, und man berechnet für optische Zwecke das achromatische Doppelobjectiv derart, dass die augenfälligsten Strahlen des Spectrums, das helle an Orange grenzende Roth und das lebhafte Blau, zusammenfallen, während die anderen Farben unvereinigt bleiben und ein secundäres Spectrum erzeugen. Um drei Farben zu vereinigen, würden drei Linsen nothwendig sein, für vier ... vier u. s. f.



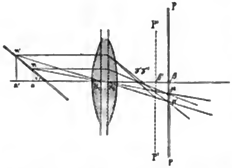
Verwendet man also ein Doppelobjectiv, das nicht speciell für die Vereinigung der prävalirend chemisch wirksamen Strahlen berechnet worden, vielmehr ein Objectiv, das sonst zu Gesichtsbeobachtungen dient, so wird es für photographische Zwecke nothwendig, den sog. chemischen Focus desselben aufzusuchen.

a) Focusdifferenz des Objectives.

Gestattet der Heliograph, direct im Focus zu photographiren, so wird man den chemischen Focus bald durch systematische empirische Versuche um den optischen Focus herum finden. Gestattet er es nicht, so dient folgende Methode zur Ermittelung der Focusdifferenz zwischen Sehstrahlen und chemisch wirksamen Strahlen.

Man entfernt den Vergrösserungsapparat aus dem Rohre und bringt vor dem Objective in einer der Cassettenebene als Bildebene entsprechenden Gegenstandsweite einen Maassstab, schräg geneigt gegen die optische Axe, an.

Das Bild desselben betrachtet man auf der Visirscheibe der Cassette und entscheidet zuerst, welcher Strich des Maassstabes optisch am schärfsten abgebildet erscheint; sodann fertigt man in derselben Ebene ein photographisches Bild des unverändert belassenen Maassstabes an und ermittelt den chemisch am schärfsten markirten Strich. Fällt letzterer mit dem ersten zusammen, so ist die Focusdifferenz des Objectives gleich Null; andernfalls giebt die Abmessung der Distanz dieser beiden Striche am Maassstabe selbst und der Neigung desselben die gesuchte Grösse.



Es seien wieder H_1 H_2 (Fig.) die combinirten Hauptpunkte des Objectives, welche, indem zu beiden Seiten desselben gleiches Medium vorausgesetzt wird, zugleich als Knotenpunkte fungiren. m wäre der in der Ebene PP optisch scharf, m' der in derselben Ebene photographisch scharf abgebildete Maassstabstrich, indem F den optischen, F' den chemischen Objectivfocus darstellt. Führt man weiter die Bezeichnungen ein: $\alpha H_1 = a$, $\alpha' H_1 = a'$, $\beta H_2 = b$, $H_2 F = F$, $H_2 F' = F'$, so ist

$$\text{für m und p:} \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad 1)$$

$$\text{„ m' „ p':} \quad \frac{1}{F'} = \frac{1}{a'} + \frac{1}{b} \quad 2),$$

woraus

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{F'} = \frac{1}{a} - \frac{1}{a'}$$

und

$$F' - F = \frac{FF'}{aa'}(a' - a)$$

folgt. Substituirt man in 1) und 2) das Verhältniss $\frac{a}{b} = n$, welches die Verkleinerung des Gegenstandes für Sehstrahlen ist $\left(\frac{b}{a} = m \text{ die Vergrösserung}\right)$, so ist auch:

$$\frac{a}{F} = 1 + n$$

$$\frac{a'}{F'} = 1 + \frac{a + a' - a}{b} = 1 + n + \frac{a' - a}{b}$$

und wegen $b = \frac{F}{n}(1+n)$ aus 1):

$$\frac{a'}{F'} = 1+n + \frac{a'-a}{F(1+n)} \cdot n,$$

somit

$$\frac{a}{F} \cdot \frac{a'}{F'} = (1+n)^2 + \frac{a'-a}{F} \cdot n,$$

und wenn man $a'-a = l\cos\nu$ setzt, worin l die Distanz der beiden in Betracht kommenden Striche des Maassstabes und ν die Neigung desselben bezeichnet,

$$F'-F = \frac{l\cos\nu}{(1+n)^2 + \frac{l\cos\nu}{F}\,n}.$$

Fügt man diesem Experiment, nachdem man auf der photographischen Platte den Maassstabstrich m' ausfindig gemacht, die Modification an, dass man hierauf noch die Cassettenebene verschiebt und jene Stellung sucht, wo der frühere photographisch scharfe Strich optisch scharf erscheint, so erhält man die Focusdifferenz unabhängig von der Brennweite der Linse. Heisst nämlich jetzt der Abstand der Cassettenebene von $H_2 \ldots b' = \beta' H_2$, so hat man noch die Gleichung:

$$\frac{1}{b'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a'}. \quad 3)$$

Indem man 3) von 2) subtrahirt, folgt

$$F'-F = \frac{FF'}{bb'}(b'-b).$$

Ferner ist aus 2)

$$\frac{a'+b}{a'b} = \frac{1}{F'}$$

aus 3)

$$\frac{a'+b'}{a'b'} = \frac{1}{F}$$

also durch Multiplikation

$$\frac{bb'}{FF'} = \frac{(a'+b)(a'+b')}{a'^2},$$

somit, wenn man $a+b$, den Abstand von Bild und Gegenstand im 1. Versuche $= c$ und $b'-b$, die Verschiebung der Cassette $= \Delta b$ setzt:

$$F'-F = \Delta b \frac{(a+l\cos\nu)^2}{(c+l\cos\nu)(c+l\cos\nu-\Delta b)}.$$

Diese zweite Methode der Focusdifferenzbestimmung erfordert freilich strenge die Kenntniss der Lage des ersten Hauptpunktes; sie beruht auf einem Verfahren, das sonst in jedem Atelier geläufig ist, um für eine bestimmte Entfernung, z. B. für Personenaufnahmen bei Cabinetsbildern, das photographisch beste Bild zu erhalten. Es wird in diesem Abstande eine dem schrägliegenden Maassstab ähnliche Scala angebracht und eine Marke derselben optisch scharf auf der matten Scheibe der Camera obscura eingestellt. Nimmt man dann bei demselben Auszug der Camera ein photographisches Bild auf und stellt hierauf optisch jene Marke ein, die photographisch am deutlichsten erschien, so hat man jene Verschiebung des Auszuges, die jedesmal, nachdem die Person auf der matten Scheibe scharf eingestellt worden, noch nothwendig ist, um von ihr das deutlichste Bild zu erzielen (m' scharf eingestellt in P'P' giebt ein photographisch scharfes Bild in PP).

Oben ist in die Formel für F'—F die Verkleinerung des Bildes (n) eingeführt worden, da allgemein die Länge des mit Vergrösserungssystem versehenen Photoheliographen kleiner als die vierfache Brennweite des Objectives sein wird; doch ist klar, dass die Genauigkeit der Methode desto grösser wird, je augenfälliger die Uebertragung des Abstandes FF' auf die Cassettenebene geschieht, d. i. je mehr die Vergrösserung im Bilde wächst. Für scharfe Bestimmungen empfiehlt es sich daher, den Maassstab nahe an das Objectiv zu bringen und den Cassettentheil des Rohres provisorisch zu verlängern.

Um bei Betrachtung des Maassstabbildes möglichst scharf zu entscheiden, welcher Strich in der bestimmten Ebene für das Auge am deutlichsten abgebildet wird, verwendet man statt einer matten Glasscheibe, deren Korn immer etwas grob ist, als Projectionsfläche besser eine durchsichtige Visirscheibe und versieht jene Seite, die dem Objectiv zugewendet wird, mit einem Strichsystem. Focussirt man dann eine Lupe für letzteres und betrachtet zugleich das Maassstabbild, so wird jener Theilstrich, für den die Parallaxe Null ist, genau in der fraglichen Ebene liegen.

b) Focusdifferenz des Vergrösserungssystems und ihre Uebertragung auf die Bildebene.

Das Vergrösserungssystem, welches kurze Brennweite besitzt, kann leicht in eine besondere photographische Camera als Objectiv eingesetzt, und

derart innerhalb der Deutlichkeitsgrenzen ein möglichst grosses Bild erzielt werden. Ist so ganz analog F'—F gefunden, so wird es nothwendig, diese Grösse auf die Bildebene des Heliographen zu übertragen, mit anderen Worten, die Verschiebung der Cassette aus der Stellung des optisch scharfen Bildes in jene des chemisch scharfen Bildes als Function der Focusdifferenz zu ermitteln. Aus:

$$\left\{\begin{array}{l} \frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} \\ \frac{1}{b'} = \frac{1}{F'} - \frac{1}{a} \end{array}\right\}$$

ist wie oben aus 2) und 3)

$$\varDelta b = \frac{b}{F} \cdot \frac{b'}{F'} \varDelta F,$$

ferner, wenn die optische Vergrösserung des Glasgitters durch den Vergrösserungsapparat mit $m = \frac{b}{a}$ bezeichnet wird,

$$\frac{b}{F} = 1 + m$$

$$\frac{b'}{F'} = 1 + m + \frac{m}{1+m} \frac{\varDelta b}{F},$$

folglich

$$\varDelta b = [(1 + m)^2 + m \frac{\varDelta b}{F}] \varDelta F,$$

woraus endlich

$$\varDelta b = \frac{(1 + m)^2 \varDelta F}{1 - \frac{\varDelta F}{F} m}$$

als Verschiebung der Cassette in die günstigste photographische Aufnahmsebene hervorgeht.

Objective mit chemischem Achromatismus.

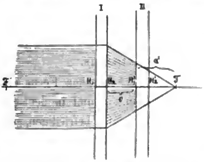
Ermittelt man auf die angegebene Weise den chemischen Focus eines für Gesichtsbeobachtungen achromatisirten Objectives und nimmt in demselben ein photographisches Bild auf, so wird dieses wohl relativ befriedigen, doch nicht den Vergleich mit dem äusserst scharfen optischen Bilde aushalten. Es rührt dies daher, dass in diesem chemischen Focus nur der prävalirend chemisch wirksame Strahl die Axe schneidet, während erst die Vereinigung aller violetten und ultravioletten Strahlen das überhaupt beste photographische Bild geben würden.

Rutherfurd war der Erste, welcher die astronomische Photographie dadurch zu vervollkommnen suchte, dass er Objective mit chemischem Achro-

matismus construirte. Er erreichte dies in zweifacher Weise, einestheils, indem er eine Combination von Kron- und Flintglaslinsen mit speciell für diesen Zweck berechneten Krümmungen herstellte, anderntheils, indem er einem vorhandenen astronomischen Objectiv noch eine Linse von besonderer Krümmung und Dichtigkeit hinzufügte. Von der ersten Art ist das 14-zöllige photographische Objectiv, welches sich jetzt im Besitz des Nationalobservatoriums der Argentinischen Republik befindet, von der zweiten ein 13-zölliges Objectiv, das in Rutherfurd's eigenem Observatorium aufgestellt ist. Die schönen Resultate, welche der Berechner namentlich durch letztere Methode bei seinen Mondphotographieen erzielt hat, sind zu bekannt, um hier noch einer besonderen Würdigung zu bedürfen.

Beide Lösungen des Problems entsprechen jedoch insofern noch nicht dem Bedürfniss der Astronomen, als sie entweder den optischen Achromatismus ganz dem chemischen opfern und derart für Gesichtsbeobachtungen unbrauchbare Instrumente liefern, oder aber — abgesehen von der Umständlichkeit des Calculs — zu kostspielig erscheinen.

Cornu in Paris kam bei seinen Voruntersuchungen zum Venusvorübergang 1874 auf den Gedanken, zur Erreichung des chemischen Achromatismus nur die Distanz der beiden Linsen, welche das Objectiv bilden, zu vergrössern, und hat damit eine einfache, nicht kostspielige und insofern erwünschte Lösung gegeben[1]), als das so transformirte Instrument jeden Augenblick für



rein astronomische Beobachtungen restituirt werden kann. Cornu's Methode ist in: Recueil de Mémoires, Rapports et Documents relatifs à l'observation du Passage de Vénus sur le Soleil. Paris 1874, pag. 447, dargestellt. Ihre theoretische Grundlage bildet die folgende Betrachtung. Nennen wir die Hauptpunkte der Sammellinse I.. $H_1 H_2$, jene der Zerstreuungslinse II.. $H'_1 H'_2$, die zweiten Hauptbrennpunkte F und F', und bezeichnen (Fig.) $H_2F = F$, $H'_2F' = F'$, ferner die Krümmungshalbmesser und

[1]) Es sei erwähnt, dass auch Rutherfurd schon 1860 dasselbe Princip verwendete, es aber später nicht weiter verfolgte.

Brechungsexponenten für I mit $r_1 r_2$ resp. n, für II... $r_3 r_4$ resp. n', endlich die Dicke der ersten Linse mit d, der zweiten mit d', so gelten die bekannten Beziehungen:

$$\text{Sammellinse I:} \left| \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} = (n-1)\left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} - \frac{n-1}{n\, r_1 r_2} d\right] = (n-1)\, P \right|$$

$$\text{Zerstr. Linse II:} \left| \frac{1}{a'} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{F'} = -(n'-1)\left[\frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} + \frac{n'-1}{n'\, r_3 r_4} d'\right] = -(n'-1)\, Q \right|$$

Für Strahlen, die parallel auf I fallen, ist $a = \infty$, also $b = F$. Dieses hinter I gegen F hin convergirende Bündel trifft nun in dem Abstande $H_2 H'_1 = e$ die Linse II und es ist, da für diese der Punkt F als Lichtquelle gedacht werden muss,

$$a' = -(F - e),$$

folglich

$$\frac{1}{b'} = \frac{1}{F-e} + \frac{1}{F'} = \frac{1}{F}\left(1 - \frac{e}{F}\right)^{-1} + \frac{1}{F'},$$

somit

$$\frac{1}{b'} = \left(1 - \frac{e}{F}\right)^{-1} (n-1)\, P - (n'-1)\, Q.$$

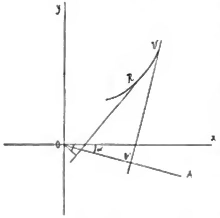
Die Bedingung des vollkommenen Achromatismus würde nun heissen: b' soll unverändert bleiben, welche Variation auch n und n' von Roth zu Violett durchmachen. Es soll gezeigt werden, dass dieses constante b' für eine gewisse Ausdehnung des Spectrums, ja bei günstiger Beziehung beider Glassorten zu einander für das ganze Spectrum durch die richtige Wahl von e erreicht werden kann. Dazu werde in $\frac{e}{F}$ die Brennweite für Strahlen mittlerer Brechbarkeit eingeführt gedacht, so dass bei der Kleinheit dieses Bruches der Factor von $(n-1)\, P$ unabhängig von der Farbe anzunehmen ist. Man fasse nun $n - 1 = x$ als Abscisse, $n' - 1 = y$ als Ordinate auf und denke sich von Strahl zu Strahl die entsprechende Curve construirt. Diese ist beiden angewendeten Gläsern eigenthümlich und bestimmt wesentlich den Grad von Achromasie, welcher mit diesem Doppelsystem erreicht werden kann. Es stellt sich dann die Grösse:

$$\frac{1}{b'} = \left(1 - \frac{e}{F}\right)^{-1} Px - Qy$$

als eine Projection des Radiusvectors im Curvenpunkt der fraglichen Farbe

auf eine Linie, die den Winkel α mit Ox (Fig.) bildet, dar. Man hat nämlich z. B. für Violett (V), wenn V' der Projectionspunkt von V auf die Richtung OA ist,

$$OV' = x \cos\alpha - y \sin\alpha,$$



und die Bedingung des Achromatismus lautet: Man suche diese Projection für ein gegebenes Stück der Curve so constant, wie möglich, zu machen. Dies geschieht, indem man α und gemäss der Beziehung:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{Q}{P}\left(1 - \frac{e}{F}\right)$$

den Abstand e so wählt, dass für das betreffende Stück das Perpendikel auf OA mit der Tangente oder Sehne dieses Curvenstückes zusammenfällt. Umgekehrt, zieht man zu diesem Stück eine Tangente und fällt auf letztere von O aus eine Senkrechte, so erhält man jenes α, welches die Vereinigung der fraglichen Farben zumeist herbeiführt. Aus der Beziehung zwischen α und e und der Figur, die der Wirklichkeit entsprechend von Roth zu Violett wachsende Ordinaten giebt, erkennt man, dass durch Vergrösserung von e der Winkel α kleiner und die Achromasie weiter nach Violett verlegt wird. Dabei ist der günstigste Fall, wie unmittelbar einzusehen, jener, wo die Achromasiecurve nahe eine Gerade ist. Dann wird es möglich, alle Farben in einen Punkt zu vereinigen und den besten chemischen Focus mit dem besten optischen zusammenfallen zu machen.

Zur Bewerkstelligung dieser Transformation des astronomischen Objectives in ein photographisches führt Cornu, gestützt auf eine Reihe von Erfahrungen, das Folgende an.

I. Statt des Oculars bringe man am Fernrohr eine Camera obscura an, welche mit einer Verschiebungseinrichtung der Platte hinter Coulissen versehen wird, um mehrere Aufnahmen nebeneinander auf derselben Platte erhalten zu können. Am Auszuge der Camera markire man zuerst jene Stellung, welche dem optisch besten Bilde eines sehr entfernten Gegenstandes entspricht. Dazu

bediene man sich, wie oben angeführt, einer durchsichtigen Visirscheibe und einer Lupe. Man suche hierauf den Ort des photographisch besten Bildes. Bei den gebräuchlichen Objectiven geht man ziemlich sicher, denselben gleich hinter dem optischen Focus, im Abstande $^1/_2$ pro 100 der Focallänge, zu suchen, und mache um diesen Punkt herum von Millimeter zu Millimeter systematische Aufnahmen in rascher Folge auf derselben Platte, wodurch man möglichst unabhängig von der Veränderlichkeit des Luftzustandes und einer Inconstanz, die in der Präparation verschiedener Platten liegen kann, wird.

II. Man trenne die Gläser des Objectives (welches sich dazu in einer besonderen Fassung befinden muss), um die gefundene Focusdifferenz (d. i. $^1/_2$ pro 100) und wiederhole die Versuche zur Auffindung von optischem und chemischem Focus. Die nun ermittelte Focusdifferenz wird schon bedeutend kleiner sein.

III. Endlich führe man zur Controle der beiden ersten noch eine dritte analoge Operation aus, indem man die Distanz der Gläser auf 1 pro 100 Focallänge vergrössert. Auch die jetzige Focusdifferenz wird notirt.

Mit den so erhaltenen drei Focusdifferenzen als Ordinaten und den entsprechenden Linsenabständen als Abscissen construire man schliesslich eine Curve, aus deren Verlauf leicht jene Abscisse erkannt werden kann, welche der Ordinate Null, d. i. dem Zusammenfallen von optischem und chemischem Focus, zumeist entspricht. Diese giebt den gesuchten Abstand der Gläser. Zu bemerken ist, dass dem Uebelstande einer geringeren Schärfe des optischen Bildes im zweiten und dritten Experimente durch eine klare blaue Visirscheibe völlig abgeholfen wird.

Zur Erläuterung sei hier ein Zahlenbeispiel gegeben, welches Cornu's Untersuchungen verschiedener Instrumente entnommen ist. Das Objectiv von 4 Zoll Oeffnung aus der optischen Werkstätte der Gebrüder Brunner in Paris hatte eine Focallänge von 1,42 m. Mit ihm wurden folgende fünf Experimente angestellt:

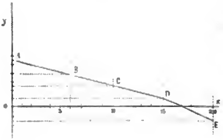
1) Die beiden Objectivgläser in Berührung gaben den chemischen Focus hinter dem optischen in ungefähr 5,5 Mill. (0,4 Procent der Focallänge) Abstand. Punkt A. (Fig.)

2) Dieselben um 6 Mill. getrennt gaben $\Delta F = 4$ Mill. Punkt B.

3) Weiter entsprach einem Linsenabstand 10 Mill.... $\Delta F = 2{,}5$ Mill. Punkt C.

4) Dem Abstand 15 Mill. entsprach 1 Mill. Punkt D.

5) Für den Abstand 20 Mill. endlich lag der chemische Focus vor dem optischen um 1,5 Mill. Punkt E.



Verglich man BCDE hinsichtlich der grössten Schärfe im Bilde, so ergab sich fast keine merkbare Differenz zwischen C und D, während E weniger gut als C und D, doch besser als B erschien. Es wurde sonach die Distanz der Objectivgläser zu 15 Mill. (1 % der Focallänge) fixirt. Der chemische Focus lag dabei hinter dem optischen um 1 Mill., genauer um 0,75 mm ± 0,2.

Cornu erwähnt hierzu: Die Daguerreotypaufnahmen der Sonne, welche mit diesem transformirten Instrumente aufgenommen wurden, boten eine solche Schärfe, dass man sie einer hundertfachen Linearvergrösserung unterwerfen konnte, ohne die Unsicherheit der Sonnenrandeinstellung grösser als 0,002 Mill. zu machen. Cornu überzeugte sich auch davon, ob diese Transformation nicht etwa unliebsame laterale Abweichungen ins Bild einführe, wozu er einen 40 m entfernten, transparent beleuchteten Maassstab photographirte und die Strichabstände im Bilde genau mit jenen des Originals verglich. Er fand, dass bei einer Ausdehnung des Bildes von 1½ Sonnendurchmessern die Verzeichnung, wenn sie überhaupt existirte, unmerklich war.

Fehlerquellen für das photographische Bild.

I. Verziehung der photographischen Schicht.

Da es sich bei Venusvorübergängen um die grösste zu erreichende Genauigkeit der mikrometrischen Messung handelt, indem die zu ermittelnde Grösse: die parallactische Verschiebung der Venus auf der Sonnenscheibe für zwei verschiedene, entfernte Orte der Erdoberfläche im günstigsten Falle nur das Fünffache der Sonnenparallaxe, d. i. den 44. Theil des Sonnendurchmessers beträgt, erscheint es wichtig, vor der Annahme irgend eines photographischen Verfahrens für die Zeit des Phänomens, dasselbe auf die Stabilität der sensiblen Schicht zu prüfen, um so wichtiger, je kleiner der lineare Sonnendurchmesser ist, den der zu verwendende Heliograph giebt.

Wir haben zwei Arten der Verziehung zu unterscheiden: 1. Verziehung in proportionaler Weise; 2. Verziehung in nicht proportionaler oder local veränderlicher Weise. Erstere verändert die vom Licht eingezeichnete Dimension ihrer Ausdehnung proportional, die kleinere weniger, die grössere mehr. Dieselbe kann dadurch unschädlich gemacht werden, dass man die Beziehung zwischen Längen- und Winkelmaass der Platte auf photographischem Wege ermittelt oder, dass man ein Gitter im Focus mitphotographirt und die Reduction des vergrösserten photographischen Bildes auf dieses mit dem thatsächlichen — nicht dem optischen — Vergrösserungsfactor ausführt. Die zweite Art Verziehung tritt local und unregelmässig auf und bildet den eigentlich schädlichen Theil, da dieser nicht eliminirt werden kann. Wie gross dieselbe überhaupt für einen Venusvorübergang zugelassen werden darf, ergiebt sich im Anschluss an die oben angeführte parallactische Verschiebung aus folgender

Ueberlegung. Zur Herleitung der Position der Venus auf einer Photographie werden für die einfachste Messungsart (in der Richtung der Distanz selbst) vier Ränder, deren jeder mit localer Verzerrung behaftet sein kann, verwendet. Die Form des Ausdruckes für die Distanz der Mittelpunkte ist dann, wenn a, b die Uebertragung der Sonnenränder, c, d die der Venusränder auf den Maassstab bezeichnen:

$$\pm \frac{a+b}{2} \mp \frac{c+d}{2},$$

somit ihr mittlerer Verziehungsfehler, wenn jener eines Randes ε heisst:

$$\pm \sqrt{(\tfrac{1}{2}\,\varepsilon\sqrt{2})^2 + (\tfrac{1}{2}\,\varepsilon\sqrt{2})^2} = \pm\,\varepsilon.$$

In derselben Weise kann die Distanz Venus-Sonne auf der Vergleichsplatte der anderen Station fehlerhaft gedacht werden, sodass die abgeleitete parallactische Venusverschiebung den Verziehungsfehler $\pm\,\varepsilon\sqrt{2}$ trägt. Soll nun dieser die Sonnenparallaxe um nicht mehr als 0."01 fälschen, so folgt aus $\frac{\varepsilon\sqrt{2}}{5} = 0.''01 \ldots \varepsilon = \pm\,0.''035$. Diese Grösse repräsentirt bei einem Sonnendurchmesser von 100 Millimeter die lineare locale Verziehung ± 0,0018 Mill., bei 50 Millimeter 0,0009 Mill., sodass die Anforderung an die Stabilität der Schicht sich steigert, je kleiner das Sonnenbild aufgenommen wird.

Erfahrungen über eine Fälschung des Bildes durch Veränderungen in der photographischen Schicht musste zunächst Rutherfurd bei der Ausmessung seiner zahlreichen Sternphotographieen gewinnen. Nahe 30 Platten der Plejadengruppe, die zu den verschiedensten Zeiten aufgenommen worden und je nach den Verhältnissen der Expositionsdauer, der Empfindlichkeit der Chemikalien, und des Luftzustandes 30 bis 75 Sternbilder enthielten, andere der Sterngruppe im Perseus mit durchschnittlich 34 Sternen auf einer Platte, der Gruppen um Θ Orionis, 41 Bootis und μ Cassiopeae wurden für Distanz- und Positionswinkelmessung benützt; auch wurden Vergleichungen zwischen durchlaufenem Weg von Sternen auf ruhender photographischer Platte und der verflossenen Zwischenzeit, ebenso zwischen den Messungen ausgewählter Sternpaare und deren Passagen an den Gitterlinien in der Bildebene der photographischen Platte angestellt. Endlich war auch für die Verzeichnung des optischen Apparates durch Messung derselben Sterngruppe in der Mitte und

am Rande der Platte reiches Material geschafft worden. Diese sämmtlichen Sternmessungen, welche bis 1873 einen Zeitraum von 7 Jahren umfassten, zeigten eine so grosse Uebereinstimmung, dass Rutherfurd sich gegen die Existenz einer grösseren, schädlichen Aenderung in der Collodionhaut erklärt, besonders, wenn die nackte Glasfläche der Platte vor dem Collodioniren mit einem Albuminüberzug versehen wird.

Anders sind die Erfahrungen von Paschen, welche derselbe bei seinen Vorversuchen zum Venusvorübergang 1874 gesammelt und in Nr. 1884 der astronomischen Nachrichten veröffentlicht hat. Seine Methode zum Nachweis einer Verziehung der sensiblen Schicht bestand in Folgendem. Mit einem Steinheil'schen Objective von 57 Linien Oeffnung und 65 Zoll Brennweite photographirte er ein auf Glas gezogenes Gitternetz, das in seinen Dimensionen mikroskopisch genau vermessen war, in nahe gleicher Grösse und verglich die Messung der Photographie mit dem auf die photographische Bildebene reducirten Originalgitter. Da sein Objectiv für ein grösseres Gesichtsfeld als das photographirte keine Verzeichnung zeigte, konnte er die auftretenden Abweichungen einer Veränderung in der sensiblen Schicht zuschreiben. Diese Methode erfordert, wie leicht zu erkennen, eine besonders scharfe Ermittelung des Vergrösserungsfactors für die Bildebene, welchen Paschen derart findet, dass er das optische Bild des Originalgitters auf einer zweiten, mit diesem völlig gleich getheilten Glasplatte auffing und die Cassette so weit verschob, bis Coïncidenz der zwei äussersten Linien in Bild und Visirplatte stattfand. Dies konnte er aber in Beachtung des parallactischen Effectes bei Anwendung von durchsichtiger Platte mit Lupe und bei der Einrichtung, die Bildebene mittelst einer Schraube nicht nur verschieben, sondern auch in sich drehen zu können, exact bewerkstelligen. Heisst dann das gemessene Intervall des Originalgitters g, jenes der Visirplatte g', so giebt $\frac{g'}{g}$ den Reductionsfactor für die betreffende Bildebene, womit alle Messungen des Originals multiplicirt werden müssen, um jenes Bild zu geben, mit welchem die Photographie bei Voraussetzung der Focusdifferenz Null und einer genauen Coïncidenz der sensiblen Schicht mit der vorigen Visirebene identisch sein soll. Paschen stellte seine Messungen auf Platten an, welche nach dem gewöhnlichen nassen Verfahren theils auf albuminirter, theils auf nicht albuminirter Glasfläche gefertigt waren. In welchem Zustande sie gemessen wurden, ob feucht oder

trocken, ob kalt oder warm lackirt, ist nicht näher bemerkt. Für eine albuminirte Platte findet Paschen folgende Zahlen:

Theilstrich	Photographie	Red.Orig.-Gitter	z Beob.-Rechg.
	mm	mm	mm
0	0.0000	0.0000	0.0000
1	19.4946	19.5114	— 0.0168
2	38.9494	39.0224	— 0.0730
3	58.4155	58.4933	— 0.0778
4	77.8292	77.9774	— 0.1482
5	97.2662	97.4334	— 0.1672
6	116.6941	116.9259	— 0.2318
7	136.1975	136.4333	— 0.2358
8	155.5905	155.8803	— 0.2898
9	175.0829	175.4111	— 0.3282
10	194.5106	194.8707	— 0.3601.

Die Differenzen z bringt Paschen in die Form $x + yt$, worin t die Nummer des Theilstriches bezeichnet, und löst die 10 Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate auf. Er findet so: $x = +0.0108$ und $y = -0.037237$. Letztere Grösse giebt an, um wie viel ein Intervall zwischen zwei Theilstrichen durch die photographische Fixirung anders geworden, als es sein müsste; sie ist negativ, stellt also eine Verringerung des Intervalls, d. i. eine Schichtcontraction dar. Dividirt man sie mit dem Intervall, so erhält man, Proportionalität voraussetzend, den auf die Längeneinheit entfallenden Betrag. Indem man hier ein kleines Intervall gleich $\frac{194.8707}{10}$ setzt, so ergiebt sich dafür:

$$\frac{-0.037237}{19.48707} = -\overset{mm}{0.002} = -\frac{1}{523}.$$

Nahe dasselbe Resultat folgt sofort, wenn man die kleinen Intervalle unmittelbar vergleicht, da man aus $z_1 = x + yt_1$ und $z_2 = x + yt_2$ hat: $y = \frac{z_2 - z_1}{t_2 - t_1}$. Rechnet man überschlagsweise, ohne die speciellen $t_2 - t_1$, welche nicht genau gleich sind, einzuführen, so findet man als Mittel der Differenzen zwischen Photographie und berechnetem Bild: — 0.0360. — Die Constanz dieser Grösse in verschiedenen Theilen der Platte würde die Abwesenheit von localer Verziehung nachweisen. — Erwägt man, welchen Einfluss bei den Paschen'schen Versuchen eine Nichtcoïncidenz von Ebene der Visirscheibe und Ebene der

photographischen Schicht hat, so findet man diesen keineswegs so gross, dass man daraus die Unterschiede zwischen Photographie und reducirtem Originalgitter erklären könnte. Heisst nämlich g, a Gegenstandsgrösse und -Weite, p, b Bildgrösse und -Weite, so besteht die Beziehung:

$$ap = bg$$

und für eine kleine Verschiebung Δb der Bildebene bei constanter Gegenstandsweite

$$a \, \Delta p = \Delta b \, . \, g,$$

woraus

$$\Delta p = \frac{g}{a} \Delta b = \frac{p + g}{a + b} \Delta b$$

folgt. Nun ist a + b für den Fall der Abbildung in natürlicher Grösse ($p = g$) gleich der vierfachen Brennweite (bei Vernachlässigung der Distanz der Hauptpunkte des optischen Systems) = 7038 Millimeter, wenn die obige Angabe in Pariser Zollen aufgefasst wird. Es folgt somit für $p + g = 39.0$ Mill. und $\Delta b = 1$ Mill. als Δp des kleinsten Intervalles der Gitterlinien 0.00554 Mill. Im Allgemeinen kam es Paschen weniger auf einen vollkommen strengen Nachweis der absoluten, proportionalen Verziehungsgrösse, welche in Anwendung eines Gitters im Focus aus dem Resultate herausfällt, als vielmehr auf jenen der Regelmässigkeit dieser Contraction an, die er dadurch constatirte, dass der mittlere übrigbleibende Fehler der Gleichungen innerhalb des Betrages der Einstellungsunsicherheit blieb. Paschen fand bei albuminirten nassen Platten Contractionen von $\frac{1}{583}$, $\frac{1}{618}$, $\frac{1}{1856}$, bei einer nicht albuminirten $\frac{1}{2123}$, im letzten Falle aber Indicien für eine ungleichmässige Zusammenziehung der photographischen Schicht.

Die verhältnissmässig grossen Werthe, welche Paschen für die Verziehung fand, veranlassten Rutherfurd zu einer neuen Untersuchung dieser Frage. Seine einfache Methode erscheint besonders geeignet, dieselbe zu lösen. Sie besteht darin, dass die nasse Platte unmittelbar nach der Exposition, d. i. im feuchten Zustande auf den Messtisch gebracht und gemessen, ferner nach dem Antrocknen der Schicht nochmals gemessen wird. Rutherfurd untersuchte auf diese Weise durchwegs albuminirte nasse Platten, darunter einige, auf welchen das noch feuchte Collodion in der Mitte, bei anderen am Rande der Platte weggewischt worden, um eine Schrumpfung der Schicht nach aussen resp. innen zu begünstigen. Das Collodion war dasselbe, welches

er sonst bei seinen Sternphotographieen verwendete. Als Einstellungsobject dienten zwei photographirte Gitterlinien, theils weiss auf dunklem Grunde, theils schwarz auf hellem Grunde, deren Abstand nahe $1\frac{45}{48}$ Zoll = 49.21 Mill. (93 Schraubenrevolutionen) betrug. Jede Linie wurde hintereinander fünfmal pointirt. Eine Revolution der Mikrometerschraube war genau $\frac{1}{48}$ Zoll = 0.5292 Millimeter. In der Zeit zwischen der feuchten und trockenen Messung blieb die Platte unverändert am Messtische liegen, so dass in beiden Fällen derselbe Theil der Mikrometerschraube zur Verwendung kam. Die Messungen der verschiedenen Platten wurden auf dieselbe Temperatur, 68° Fahrenheit, reducirt; auch wurde die Ausdehnung der Mikrometerschraube und des Glases der Platte berücksichtigt. Die Resultate von neun auf diese Weise doppelt gemessenen Platten sind:[1])

	Trockenes — nasses Intervall in	
Platte	Umdrehg.	Mill.
1	−0.0033	−0.0017
2	+ 5	+ 3
3	+ 4	+ 2
4	+ 7	+ 4
5	+ 9	+ 5
6	+ 92	+ 49
7	− 59	− 31
8	+ 40	+ 21
9	+ 89	+ 47
Mittel	+0.0017 R.	+0.0009 Mill.

Man sieht, dass in allen, exclusive zwei Fällen, das trocken gemessene Linienintervall grösser als das nasse erschien. Der mittlere Ueberschuss beträgt nahe 0.001 Mill. Denkt man sich diesen proportional über das ganze Intervall vertheilt, so folgt als mittlere Verziehung der Längeneinheit $\frac{0.0017}{93} = \frac{1}{54706}$. Der Maximalbetrag findet bei Platte 6 statt und ist $\frac{1}{10109}$. Rutherfurd erklärt den Sinn der Abstandsänderung von der nassen zur trockenen Messung durch die niedrigere Temperatur der Platte im feuchten Zustande wegen Verdunstung.

[1]) Die folgenden Zahlen sind der Abhandlung: „On the Stability of the Collodion film" by Lewis M. Rutherfurd (American Journal of science and arts, vol. IV, Dec. 1872), von welcher mir Herr Rutherfurd auf Ansuchen einen Separatabdruck gütigst zur Verfügung stellte, entnommen.

Eine Temperaturdifferenz des Glases von 4 ° F. (2.22 ° C.) würde bereits die gefundene numerische Grösse darstellen. Die Rutherfurd'schen Werthe der Verziehung sind also bedeutend kleiner als die Paschen'schen und von so verschwindendem Betrage, dass selbst bei sehr scharfen Messungen diese Fehlerquelle nicht in Betracht kommt.

Weiter beschäftigten sich H. C. Vogel und O. Lohse bei ihren „Untersuchungen über die Verwendbarkeit der Collodion-Photographie zur Beobachtung des Venusvorüberganges 1874, nebst Vorschlägen über die Einrichtung einiger diesem Zwecke dienender Apparate" mit der Frage der Verziehung der photographischen Schicht. Sie benützten ein Collodion, das erfahrungsgemäss wenig fest an der Platte haftete, womit also ein Maximum von Verziehung zu erwarten war. Zuerst wurde eine Spiegelglasplatte, auf welcher Diamantlinien gezogen waren, auf der getheilten Seite collodionirt, nass präparirt und durch das Glas der Platte hindurch eine Landschaft aufgenommen, um das Verhalten der Schicht an freien Hautstellen und solchen, welche dünnere oder dickere Silberschicht trugen, zu studiren. Das fertig lackirte Negativ zeigte nun unterm Mikroskop keinerlei Verschiebung zwischen Diamantstrich und photographirter Linie; doch konnte hieraus noch nicht auf ein Fehlen von Verziehung beim Collodionverfahren überhaupt geschlossen werden, da die Vertiefung und Rauhheit der Diamantstriche das Haften des Collodions besonders begünstigen musste. Es wurden deshalb Netz und empfindliche Schicht getrennt, indem eine Trockenplatte mit der empfindlichen Seite auf die Theilung gelegt, im Uebrigen aber ganz so wie vorher exponirt worden. Die Vergleichung von Bild und Original liess eine Zusammenziehung der Schicht und für einen Abstand von 29 par. Lin. als grösste Differenz 0.0058 par. Lin. erkennen, also für die Längeneinheit $\frac{1}{5000}$. Sehr viele andere Messungen ergaben für den Abstand 12 par. Lin. eine Contraction 0.0036 par. Lin., d. i. $\frac{1}{3333}$. Ueberdies wurde ein Kreis von 38 par. Lin. Durchmesser photographirt und trotzdem, dass die Collodionhaut bei der Entwickelung zahlreiche Erhebungen in Form von kleinen Blasen zeigte, nur die Verziehung von 0.0035 par. Lin., d. i. $\frac{1}{10857}$ constatirt. Bei dem benutzten Messapparate glauben aber Vogel und Lohse diese kleinen Messungsgrössen nicht genügend verbürgen zu können und erklären auch hieraus das Unproportionale der gefundenen Abweichungen.

Endlich hat noch H. W. Vogel bezügliche Untersuchungen angestellt und sie in den Berliner photographischen Mittheilungen veröffentlicht. Sie betreffen hauptsächlich nasse Aufnahmen und weisen nach, dass wesentlich durch zweckmässige Wahl des Collodions ein geringerer Betrag von Verziehung erzielt werden kann. Seine Methode der Verziehungsermittelung bestand ebenfalls in der Vergleichung eines Strichnetzes mit dessen Photographie, bei nassen Platten derart, dass er Netz und empfindliche Schicht durch zwei Streifen Postpapier trennte und diese Doppelplatte in senkrechter Aufstellung zur Richtung nach dem Dunkelkammerfenster hin durch rasches Oeffnen und Schliessen desselben belichtete. Nachdem die Platte fertig präparirt worden, wurden Bild und Gitter in Contact und zur Deckung gebracht und die Abweichungen im 25fach vergrössernden Mikroskope festgestellt. Mit diesem konnte $\frac{1}{50}$ des Millimeters noch leicht erkannt werden. Wäre also ein Strich von Bild und Gitter, das von 10 zu 10 Millimeter getheilt war, in Coïncidenz gebracht, und nähme man für den 9. Strich (Abstand 90 Millimeter) eine Differenz von $\frac{1}{50}$ Millimeter $= 0.02$ Millimeter wahr, so würde dies, Proportionalität vorausgesetzt, für den Millimeter die Verziehung $\frac{1}{4500}$ anzeigen. Gegen eine Bildverzeichnung wegen Nichtberührung der Objectplatte mit der Aufnahmeplatte sicherte sich Vogel durch das Arrangement des Experimentes bei grossem Abstand der Doppelplatte von der Lichtquelle (= 10 Fuss, Fensteröffnung 2 Fuss). Ist nämlich Contact nicht vorhanden, so wird jeder Strich der Netzplatte, indem man ihn durch einen Zerstreuungskreis auf die Bildplatte übertragen denkt, mehr oder minder unbestimmt erscheinen, andererseits eine Schwerpunktsverschiebung desselben von der Mitte nach beiden Seiten hin stattfinden.

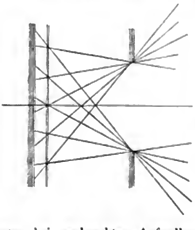


Fig.

Beides tritt natürlich im Minimum auf, wenn der Zwischenraum der beiden Platten möglichst klein, der Abstand vom Fenster bei senkrechter Aufstellung der Doppelplatte zur Richtung nach diesem hin gross und das betrachtete Gitterintervall im Verhältniss zur Licht-

öffnung unbedeutend ist. Gleiche Schärfe des Bildes in allen Theilen wird daher für die Exactheit des Experimentes sprechen, gesetzmässig fortschreitende Unschärfe aber auf eine Neigung beider Platten gegen einander schliessen lassen. Wo eine solche auftrat, hat Vogel die photographische Platte zur Verziehungsuntersuchung nicht verwendet. Im Uebrigen fand er die Bilder ebenso scharf, wie bei Trockenplatten, wo unmittelbarer Contact bewerkstelligt werden kann. — Mit verschiedenen Collodionsorten, deutschen, österreichischen, französischen und russischen Fabrikaten präparirte Vogel Platten nach folgender Modification:

1.	auf	geputzter	Glasfläche,	mit Natron fixirt, lackirt,
2.	„	albuminirter	„	„ „ „ nicht lackirt,
3.	„	geputzter	„	nicht fixirt, nicht lackirt,
4.	„	„	„	mit Cyankali fixirt, nicht lackirt,
5.	„	„	„	mit Natron fixirt, nicht lackirt.

Die Platten waren von rheinischem Glas und an den Rändern mit einer Kautschucklösung bestrichen, um das Ablösen der Schicht zu verhindern. Die Resultate dieser Untersuchungen sind: 1. Verschiedene Collodionsorten geben verschiedene Verziehung. 2. Die Contraction auf der dicken Collodionseite der Platte (Abflussseite) ist grösser als an der dünnen (Aufgussseite), so dass überhaupt eine dünne Collodionschicht die besten Chancen für grosse Stabilität gewährt. 3. Albuminirte Platten (welche ein Putzen überflüssig machen) bieten dieselbe Sicherheit, wie geputzte Platten. 4. Das Lackiren (es wurde warm lackirt) wirkt verändernd auf die Schicht. 5. Cyankalifixage sei der Natronfixage vorzuziehen. — Unter den erwähnten Fabrikaten erwies sich ein Berliner (Celloidin) und Petersburger Fabrikat am stabilsten. Ersteres ergab als Maximalverziehung $\frac{1}{4500}$, letzteres bis $\frac{1}{2000}$. Nachdem es aber mit Alkoholäther von 3 auf 4 Volumtheile verdünnt worden, zeigte es sich der Anwendung viel günstiger. Die lackirte Platte wies stets Unregelmässigkeiten, Zusammenziehung und Dehnung der Schicht, auf. — Weiter machte Vogel Versuche mit stabilem Collod auf Spiegelplatten ohne adhärirenden Rand und constatirte grössere Verziehungen als in obigen Fällen; dieselben gingen bis $\frac{1}{1200}$. Da auf einer entfernten Station verschiedene Umstände als: ungünstige Atelierverhältnisse, Erregung des Operateurs, nothwendige Eile während der Erscheinung, zusammenwirken, die Exactheit der Manipulationen zu beein-

trächtigen (der geringste Riss in der Schicht, vielleicht durch das Fortspülen eines festgesetzten Staubkörnchens oder zu starken Wasserstrahl erzeugt, ähnlich jedes Loslösen der Schicht vom Plattenrande, veranlasst ein Untertreten des Wassers unter die Schicht), empfiehlt Vogel, alle Platten vor dem Collodioniren mit einer gut haftenden Substanz zu überziehen, wofür er in Anbetracht der Schwierigkeit, Albumin zu beschaffen, eine Kautschucklösung (1 Theil Kautschuck in 100 Theilen Chloroform gelöst und mit 900 Theilen Benzin verdünnt) vorschlägt. Versuche in dieser Weise mit Celloidin ausgeführt, ergaben vollkommen befriedigende Resultate. — Um auch ein Urtheil über den Werth der Trockenmethode hinsichtlich ihres Verziehungscoëfficienten zu gewinnen, stellte Vogel Versuche an Bromsilberplatten (ohne irgend ein Präservativ) auf nackter, nur am Rande mit Kautschuck bestrichener Fläche an. Saure Entwickelung ergab dabei grosse Verziehung, welche bis $\frac{1}{300}$ ging, alkalische aber eine völlig stabile Schicht. Für Expeditionen jedoch empfiehlt Vogel das subtile Bromsilberverfahren nicht, sondern das Morphinverfahren. Er verspricht sich von diesem günstigere Sonnenaufnahmen als bei einem anderen, da sich Morphin für die sonst chemisch weniger wirksamen grünen, gelben und rothen Strahlen empfindlich zeigt, und der Sonnenrand nach neueren Untersuchungen relativ mehr Strahlen dieser geringeren Brechbarkeit enthält.

Nach Abschluss meiner Ausmessung der Expeditionsphotographieen des Jahres 1874 verwerthete ich zweijährige Uebung und genaue Kenntniss des angewendeten Messapparates, um ebenfalls einen Beitrag zur Entscheidung der Frage, ob die photographische Schicht sich bemerkenswerth verziehe oder nicht, zu liefern. Ich wählte die anerkannt ungünstigsten Verhältnisse für Stabilität der Schicht und präparirte eine nasse Platte auf blank geputztem Spiegelglas. Das Collod war schon etwas dick geworden, nachdem ich es mir für diese Zwecke längere Zeit vorher von einem Porträtphotographen (wie er es täglich im Atelier benutzt) verschafft hatte. Im Uebrigen arbeitete ich mit gewöhnlichem Silberbad, entwickelte mit Eisenvitriol, verstärkte mit Pyrogallussäure und fixirte mit Natron. Letztere Präparate waren kurz vorher nach Vogel's „Lehrbuch der Photographie", p. 260—262 angesetzt worden.

Es war meine Absicht, eine derart präparirte Platte in drei Phasen ihres Zustandes zu messen, 1) unmittelbar nach der Exposition, d. i. in ganz feuchtem Zustande, 2) nachdem sie angetrocknet war und 3) nachdem sie warm lackirt worden.

Als photographisches Object diente das Glasgitter im Focus des Kerguelen-Photoheliographen, dessen Bild in der Cassettenebene sechsmal vergrössert, zugleich in allen Theilen wünschenswerth scharf, erscheint. Bei der Aufnahme projicirte es sich auf gleichmässig graue Wolken. Die Expositionszeit betrug 1 Minute. Sofort nach der Exposition wurde die Platte auf den Messtisch gebracht und die Messung von 19 über die ganze Platte verbreiteten Gitterpunkten, noch bevor sie antrocknete, vollendet. Die Platte blieb nun unverrückt auf demselben bis zum anderen Tage liegen, wo sie um dieselbe Tageszeit — nunmehr ganz trocken — abermals gemessen wurde. Hierauf wurde sie vom Messtisch herabgenommen, über einer Alkoholflamme so lange erwärmt, als noch der Handrücken die Wärme bequem vertragen konnte, lackirt und nach eintägigem Stehen wieder auf den Messtisch in nahe gleiche Lage, wie bei den vorangehenden zwei Messungen, gebracht.

Einer weitläufigen Beschreibung des Messapparates selbst und seiner Leistungsfähigkeit kann ich mich mit Hinweis auf die Publikation der Venuscommission füglich entheben. Sie geschehe hier nur soweit, als dies zur Beurtheilung der Sicherheit der abgeleiteten Resultate nothwendig erscheint.

Photographische Platte und Maassstab werden bei dem Messapparate der deutschen Venuscommission mit einem und demselben Mikroskop eingestellt, was dadurch ermöglicht ist, dass der Maassstab sich auf einer Brücke über der Platte befindet und das auf einer zweiten, gegenüberliegenden Brücke verschiebbare Mikroskop mittelst eines Excenters von der einen Einstellung zur anderen in stets constanter Weise gehoben resp. gesenkt werden kann. Die Platte unter beiden Brücken liegt transparent auf einem durchbrochenen Schlitten, der, drehbar auf einem Cylinderring, ermöglicht, jede Richtung der Platte in die Richtung der geradlinigen Führung des Mikroskopes — zu welcher der Maassstab parallel gestellt und in dieser Lage festgeklemmt ist — zu bringen. Beispielsweise geschieht die Messung der Linienabstände in der Coordinatenaxe ξ des Gitters, indem man zuerst diese Axe (in jenen Theilen, wo sie noch als vollkommene Gerade erscheint) genau parallel zur Führung des Mikroskopes orientirt und dann das Mikroskop der Reihe nach über jede der die ξ-Axe schneidenden η Linien führt, in der betreffenden Stellung festklemmt und die Uebertragung der Linie auf den zunächstliegenden Maassstabstrich mit der Mikroskopschraube misst. Die definitiven Coordinaten

erhält man durch Berücksichtigung der periodischen Ungleichheiten der Schraube, durch Umsetzung dieser corrigirten Schraubenangaben mittelst des augenblicklich stattfindenden Mikroskop-Runs in Theile des Maassstabes, endlich durch Ermittelung und Anwendung der Theilungsfehler des Maassstabes für die abgelesene Temperatur der Messung. Die Untersuchung der periodischen Ungleichheiten der Schraube (1 Umdrehung = 100 partes = 0.234 Mill.) ergab, dass diese vollends innerhalb der Einstellungsunsicherheit liegen, also rationell nicht in Betracht kommen. Hier muss dies umsomehr der Fall sein, als bei jeder der drei Messungen für dieselbe Linie nahe dieselbe Stelle und dasselbe Stück der Schraube verwendet wurde. — Die Theilungsfehler des Maassstabes waren im Normaleichungsamt in Berlin scharf ermittelt worden; sie trennen sich in constante Grössen für die Temperatur 0° und veränderliche, die von der augenblicklichen Temperatur abhängen. Für unsere Zwecke kämen nur letztere Correctionen in Betracht; doch sind auch erstere mitgenommen.

Zur Einstellung der Gitterlinien des vergrösserten Bildes, welche in der Messung hell auf dunklem Grunde und bei fünffacher Mikroskopvergrösserung (dies war die für die Venusmessungen acceptirte Vergrösserung) von der Mitte des Gesichtsfeldes bis zur 9. Linie vollkommen scharf begrenzt erschienen, wurde ein einfacher beweglicher Faden, der bei den Venusmessungen zur Rändereinstellung diente, verwendet und aus der Gleichheit der von ihm getrennten Lichtfäden auf die gelungene Pointirung geschlossen. Da mit demselben auch der Maassstab einzustellen war, geschah dies durch Lichtlinien, zu welchem Zwecke die Beleuchtung desselben derart regulirt worden, dass Phasen an den vertieften Strichen nicht mehr bemerkbar waren, was auch der Umstand bestätigt, dass meine unter den thatsächlichen Messungsverhältnissen bestimmten Theilungsfehler des Maassstabes mit den in Berlin ermittelten völlig übereinstimmen.

Die Breite einer Gitterlinie ist durchschnittlich 0.100 Mill., während die Dicke des Fadens 0.014 Mill. beträgt. Demnach ist die Beziehung zwischen Fadendicke und Breite der übrigbleibenden Lichtfäden:

	1. Lichtf.	Mikr. f.	2. Lichtf.
in Mill.	0.043	0.014	0.043
in Mikr. f. dicke	3.1	1	3.1

Gegen die Zehnerlinie wächst die Breite bis 0.2 Mill.

Jede Gitterlinie wurde, um von einer Art persönlichen Gleichung, die bei der Pointirung in die Mitte als Function der verschiedenen Linienbreite auftritt und insofern in die Coordinaten eingeht, unabhängig zu sein, nach zwei entgegengesetzten Richtungen eingestellt und die Messung rechts-links mittelst des todten Ganges der Schraube auf links-rechts reducirt. Die Einstellung des Maassstabes geschah nur in einem Sinne, von links nach rechts. Die Reihenfolge der Einstellungen war: 1. neunfache Pointirung der betreffenden Gitterlinie von links nach rechts; 2. vierfache Einstellung des zunächst liegenden Maassstabstriches mit Lichtlinien von links nach rechts; 3. abermalige neunfache Pointirung der Gitterlinie von rechts nach links. Zwischen 1. und 2. fiel die Ablesung eines kleinen am Maassstab liegenden Thermometers. Der Werth einer Schraubenumdrehung in Millimetern wurde für jede Messungsreihe separat durch achtmal wiederholte Messung des mittelsten Maassstabintervalles 61—62 ermittelt; bei der zweiten Reihe geschah dies zweimal, vor und nach der Linienmessung, um über den Einfluss der Erwärmung der Mikrometerschraube Anhaltspunkte zu gewinnen, ohne jedoch daraus Beachtenswerthes erhalten zu haben.

Als mittlere Unsicherheit λ einer Gitterlinienpointirung aus Messungen hintereinander folgte bei Discussion des Venusmaterials für

die Linie 10	$\lambda =$	$\overset{p}{2.098}$ =	$\overset{mm}{0.0049}$
" " 9		0.884	0.0021
die Linien 8 bis 0		0.493	0.0012,

einer Maassstabpointirung durch zwei Lichtlinien

$$\mu = \overset{p}{0.351} = \overset{mm}{0.0008}.$$

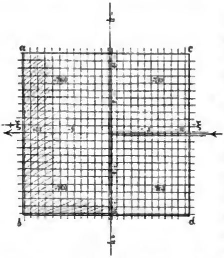
Die für die mittleren Gitterlinien der Platte geltende Grösse $\lambda =$ 0.0012 Mill. würde $\frac{1}{33}$ einer Gitterlinienbreite, $\frac{1}{36}$ eines Lichtfadens, $\frac{1}{12}$ der Fadendicke repräsentiren.

Heisst nun der mittlere Fehler einer vollständigen Linieneinstellung, d. i. von zweimal 9 Pointirungen ... l, einer completen Maassstabeinstellung ... m, so ist

$$l = \frac{\lambda}{3}\sqrt{2}, \quad m = \frac{\mu}{2},$$

und es folgt daraus für die	10.,	9.,	mittl. Linien
a) als mittlerer Fehler einer completen Linienübertragung auf den Maassstab $= \sqrt{l^2 + m^2}$	mm 0.002₅	mm 0.001₁	mm 0.000₇
b) als mittlerer Fehler einer vollständigen Linien-Coordinate, bezogen auf die mittelste Gitterlinie (l_0) ... $= \sqrt{l^2 + l_0^2 + 2m^2}$	2_4	1_3	1_0
c) als mittlerer Fehler eines schliesslichen Abstandes gleichnamiger Linien der pos. und neg. Seite, d. i. +10 von —10 etc. $= \sqrt{2(l^2 + m^2)}$	3_3	1_5	1_0
d) als mittlerer Fehler der persönlichen Gleichung: ½ [3)—1)] ... $\frac{\lambda}{3\sqrt{2}}$	1_2	0_5	0_3

welche Daten zur Discussion der Messungsresultate von Wichtigkeit sind.



Die Tabelle A[1]) giebt das Detail der Zahlen jeder der drei Messungen mit ihren Reductionen und zwar: die 1. Spalte die eingestellte Gitterlinie (vgl. Fig.[2])), die 2. deren Güte (2 gut, 2—3 mässig), geschätzt nach unmittelbarer Ansicht der Linie im Mikroskop, die 3. die Einstellung der Linie nach beiden Richtungen in Schraubenumdrehungen, gezählt vom acceptirten Nullpunkt der Schraube (dabei ist die Richtung ⟵ bereits auf ⟶ mit dem todten Gange —0.0112 reducirt), ausserdem in der ersten feuchten Messung noch die Zeit, wann jede Linieneinstellung absolvirt gewesen, die 4. die Maassstabeinstellung ebenfalls in Umdrehungen, die 5. den Unterschied 4—3, d. i. die Uebertragung der Linie

[1]) Siehe Anhang.

[2]) In derselben bezeichnet a die Anfassecke beim Präpariren der Platte, b die Abflussecke des Collodions. An ab war deshalb das Collodion etwas dicker als an cd.

auf den Maassstab, die 6. die Temperatur R°, die 7. die Theilungsfehler des Maassstabes für die Temperatur 0°, die 8. deren Correction für die stattfindende Temperatur, die 9. die Umwandlung der Schraubenumdrehungen von Spalte 5 in Millimeter, die 10. die Summe von 9, 8 und 7, angefügt an die abgelesenen Maassstabstriche, endlich die 11. Spalte die Coordinaten der Linien in Millimetern. — Zu den Temperaturangaben ist zu bemerken, dass sich in ihnen ganz deutlich der Einfluss der Körperwärme, gegen welchen der Messapparat nicht geschützt ist, kundgiebt. Während der Maassstab zu Anfang der Messung (in Folge der Aufstellung des Apparates in grossem Raume mit constanter Temperatur) die vom Thermometer angegebene Temperatur besass, brauchte dies im Verlaufe derselben durchaus nicht mehr der Fall zu sein. Einem Unterschiede von 1° R. würde bei der Länge 61 Mill. (Coordinate der Zehnerlinie) ein Fehler 0.0013 Mill. entsprechen. Diese Fehlerquelle wäre durch ein Metallthermometer unschwer zu beseitigen. — In Tabelle B sind die schliesslichen Resultate übersichtlich zusammengestellt. I giebt die Coordinaten der eingestellten Linien bezüglich der Mittellinie (dabei sind die Messungen entgegengesetzter Richtung zum Mittel vereinigt worden), II die Abstände ± 10, ± 9, ± 8 etc., d. i. Abstände, die theils dem äusseren, theils dem mittleren Theile der Platte angehören, endlich III die doppelte persönliche Gleichung der Linieneinstellung, wie sie unmittelbar aus der 10. Spalte als Differenz der Richtung ⟵ weniger ⟶ hervorgeht.

Hieran knüpfen sich folgende Betrachtungen:

Ad I. Vergleichen wir zuerst die Reihen 1 und 2. Eine Contraction resp. Dehnung der photographischen Schicht durch Antrocknen derselben müsste sich dadurch bemerkbar machen, dass die zweite Reihe durchwegs kleinere resp. grössere Zahlen geben würde als die erste; geschähe dies ferner im Verhältniss zur betrachteten Länge, so wäre das Proportionale der Verziehung constatirt und Berechtigung vorhanden, Verziehungen der Schicht für die Längeneinheit anzugeben. Beträge einer proportionalen Verziehung von $\frac{1}{2123}$ bis $\frac{1}{523}$, wie sie Paschen gefunden, müssten sich für die Länge 61.1 Mill., d. i. in der Coordinate von +10 oder —10 mit Differenzen von 0.029 Mill. bis 0.117 Mill. äussern. Dies ist durchaus nicht der Fall. Die Messungen dieser Coordinaten in feuchtem und trockenem Zustande der Platte stimmen

völlig absolut überein, gleichwohl die Linie +10 nur 22 Mill., —10 nur 19 Mill. vom Rande der Platte lag und keinerlei Ueberguss des Spiegelglases angewendet worden, um die Schicht stabil zu machen. Die kleinen Differenzen, welche zwischen beiden Reihen auftreten, bewahren weder dasselbe Zeichen, noch geben sie ein proportionales Verhalten kund. Die Maximaldifferenz findet an +8 statt und beträgt 0.0029 Mill.; ihr zunächst liegt die Differenz 0.0021 Mill. an −2. Beachtet man, dass diese den doppelten mittleren Fehler einer Coordinate, wie er sub b angeführt ist, kaum überschreiten, namentlich, wenn man +8 hinsichtlich der Güte noch in die Kategorie von +9 setzt, so muss innerhalb der Leistungen des Messapparates auch das Vorhandensein einer localen Verziehung negirt werden. Keineswegs besitzt diese einen Werth von 0.003 Mill., d. i. von 0.″05 Bogensecunden bei den Aufnahmeverhältnissen des Kerguelenheliographen.

Die Reihe 3, verglichen zunächst in der Partie +10 bis —10 mit der zweiten Reihe, zeigt grössere Abweichungen (bis 0.0033 an +6), welche auf eine thatsächliche Veränderung in den Linienabständen durch Erwärmung der Platte schliessen liessen. Indem man die Unterschiede der positiven und negativen Seite beider Reihen mit einander vergleicht, bemerkt man einen ausgesprochenen Gang derselben, derart, dass erstere (im Sinne 3—2) durchwegs positiv, im Mittel +0.0018 Mill., letztere excl. an —10 durchwegs negativ, im Mittel —0.0014 Mill., sind. Der Zeichenwechsel und die nahe Gleichheit beider Werthe weisen auf die Linie 0 als Ursache der Verschiedenheit beider Reihen hin und geben zu erkennen, dass diese Linie vom 2. zum 3. Versuche eine Verschiebung um 0.0016 Mill. nach der negativen Seite erlitten hat, sei es durch die Erwärmung der Platte, die vornehmlich in ihrer Mitte intensiv war, sei es durch einen grösseren Betrag von Inconstanz der persönlichen Gleichung in der Einstellung dieser Mittellinie. — An —7 (0) kommt in der 3. resp. 4. Reihe, verglichen mit Reihe 2, eine noch grössere Differenz als die oben erwähnte vor; doch kann für diesen und die ähnlich situirten Punkte der Platte eine scharfe Entscheidung deshalb nicht getroffen werden, weil sie Linien angehören, die durch optische Verzeichnung etwas gekrümmt erscheinen, also von dem für die Mitte der Platte orientirten Mikroskopfaden nicht parallel, sondern etwas schräg durchschnitten wurden, wodurch die Einstellungsunsicherheit eine grössere ist.

Indem man die Abweichungen der drei resp. vier Reihen unter einander als zufällige betrachtet, ergeben sich als mittlere Fehler einer Coordinate die sub I angeführten Zahlen; sie überschreiten nur an drei Stellen (+8, +6, —2) bemerkenswerth den aus Messungen hintereinander folgenden mittleren Fehler.

Ad II. Diese Zusammenstellung ist von der Mittellinie unabhängig; sie vergleicht doppelt so grosse Längen als früher und weist durchschnittlich noch günstigere Verhältnisse als I auf.

Ad III. Setzt man voraus, dass die persönliche Gleichung der Auffassung der Gitterlinienmitte, d. i. die Differenz zwischen thatsächlicher Auffassung und wahrer Mitte für eine bestimmte Linie in allen drei Messungen dieselbe sein soll, so ergeben sich die sub III angeführten mittleren Schwankungen der persönlichen Gleichung einer Messung. Sie überschreiten allgemein, wenn auch nicht bedeutend, den aus der Messungsunsicherheit folgenden Betrag (sub d), weshalb die Genauigkeit der Messungen etwas geringer als oben angesetzt werden muss. Zweifelsohne würde für die Linienmessungen ein dickerer Faden schärfere Resultate geben; der angewandte war mit Rücksicht auf die Randeinstellungen der Venusausmessungen eher dünn gewählt worden. Durchschnittlich resultirt die persönliche Gleichung negativ, was sich dahin interpretirt, dass von mir durchschnittlich der Faden etwas über die wahre Mitte der Linie geführt worden.

Als Resultat dieser Untersuchungen kann also das Folgende gelten:

Locale Verziehungen der photographischen Schicht durch Antrocknen derselben von einem Betrage 0.003 Millimeter, noch viel weniger von grösserem Betrage, also auch, da Längen von 122 Millimeter gemessen worden, proportionale Verziehungen von $\frac{1}{40000}$ konnten nicht gefunden werden. Kleinere Verziehungen, wenn sie vorhanden waren, wurden von der Messnngsunsicherheit überdeckt. Die photographische Schicht trocknete also völlig senkrecht an. Durch warmes Lackiren scheinen Veränderungen in der Schicht vor sich gegangen zu sein, die aber immerhin als wider Erwarten klein bezeichnet werden müssen.

Es wäre nun voreilig, aus den Messungen einer einzigen Platte auf die Anwendbarkeit des nassen Verfahrens überhaupt, anderseits aus diesem

Experimente, wo die chemische Action des Lichtes eine Minute lang und gleichmässig vor sich ging, auf Sonnenaufnahmen, wo sie in einem kleinen Bruchtheil der Secunde unter den verschiedensten Modificationen der Belichtung vor sich geht, schliessen zu wollen. In dieser Beziehung muss die Verziehungsfrage aus Sonnenaufnahmen und aus möglichst grossem Materiale entschieden werden. Diesen Versuch habe ich an den nassen und trockenen Venusaufnahmen der Kerguelenexpedition, von denen 35 (11 nasse und 24 trockene) zur Messung gelangten, gemacht, indem ich die Gittermessungen sämmtlicher Platten unter einander verglich. Da die verwendeten Platten Spiegelglasplatten waren, also das Bild auf vollkommen ebene Flächen fiel, so darf eine Inconstanz des Instrumentes während der Erscheinung, welche in einer parallelen Verlegung der Bildebene (z. B. durch Ausdehnung der Metalltheile des Rohres) oder einer Neigungsänderung derselben gegen die optische Axe bestehen kann, sich nur in einer gesetzmässigen Aenderung der Abstände, welche proportional den betrachteten Abständen sein muss, äussern, im ersten Falle durch Vergrösserung oder Verkleinerung aller Coordinaten, im zweiten durch Vergrösserung der positiven und Verkleinerung der negativen oder umgekehrt. Alles Abnorme, das ausserhalb der Messungsunsicherheit liegt, kann nur einer Verziehung der photographischen Schicht zugeschrieben werden. Als Resultat dieser Vergleichung ergab sich, dass ausgesprochene Verziehungen an den nassen Platten nicht stattfanden (excl. eine Platte, die übersäet mit grossen Jodsilberflocken, sich ganz eigenartig verhält), während solche bei den trockenen bis 0.02 Millimeter nachgewiesen worden. Letztere zeigten auf der Station oft schon dem freien Auge beim Verstärken oder Antrocknen Spannung und Faltenlegen der Schicht. Man hat bei Trockenplatten eben nicht zu übersehen, dass der Hervorrufungsprocess ebenfalls ein nasser ist, mit dem Unterschiede gegen nasse Aufnahmen, dass, während bei diesen der Aggregatzustand der Schicht von der Aufnahme bis zum Antrocknen e i n e Wandlung erfährt, diese bei Trockenplatten eine z w e i f a c h e ist (die bei der Aufnahme feste Schicht wird beim Hervorrufen erst aufgeweicht, um später wieder fest zu werden). In allen auf diese Verziehungsuntersuchungen bezüglichen Details muss auf die Publikation der Venuscommission verwiesen werden.

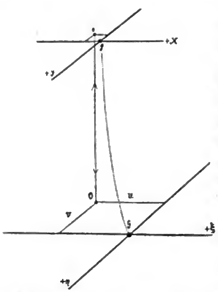
II. Verzeichnung durch den optischen Apparat.

Ungeachtet der grossen Vollkommenheit der heutigen Dioptrik und der Technik zur Herstellung homogener Glassorten, des Linsenschleifens und Centrirens ist es gegenwärtig noch nicht möglich, alle Lichtstrahlen, die von jedem Punkte eines Gegenstandes ausgehen, durch ein optisches System zu einem vollkommen proportionalen Bilde zu vereinigen. Die Annäherung an ein solches unverzeichnetes Bild wird desto schwieriger, je stärker die Krümmung der zu verwendenden Linsen sein soll. Bekanntlich haben Theorie und Erfahrung schon seit Langem die Astronomen dazu geführt, ihre Beobachtungen direct im Focus der Objectivlinse anzustellen und das Focalbild nur mit einer einfachen Lupe, durchaus nicht mit einem zusammengesetzten Mikroskope oder selbst terrestrischen Ocular zu betrachten. In der Photographie ist aber unter Umständen ein vergrösserndes zusammengesetztes Ocular, d. i. ein Linsensystem von kurzer Brennweite und stark gekrümmten Linsen, nicht zu umgehen und es tritt an den photographischen Beobachter die wesentliche Aufgabe heran, seine Bilder durch Studium des benützten optischen Apparates von Verzeichnung zu befreien, um sie den rein astronomischen Messungen an die Seite stellen zu können. Die Verzeichnung des Objectives wird dabei im Allgemeinen gegen jene des Vergrösserungsapparates zu vernachlässigen sein.

Als vorzügliches Hülfsmittel, die Verzeichnung des letzteren zu erkennen und zu eliminiren, empfiehlt sich das erwähnte Glasgitter im Focus des Objectives, indem das von ihm auf der photographischen Platte entworfene Bild, zusammengehalten mit den Messungen des Originalgitters, alle wünschenswerthen Grundlagen dieser Bestimmung giebt. Hat das Bild eine Dehnung durch Verzeichnung erfahren, so werden die Gitterintervalle am Rande des photographischen Bildes, dividirt durch die correspondirenden des Originals, einen grösseren Vergrösserungsfactor als jene der Mitte geben, umgekehrt bei einer Zusammenziehung. Man wird in der Lage sein, das Gesetz der Aenderung dieses Vergrösserungsfactors für eine bestimmte, durch die Mitte des Gesichtsfeldes geführte Richtung zu finden, ferner zu prüfen, ob es dasselbe bleibt,

was auch der Positionswinkel dieser Richtung sei (wie dies der Fall sein soll, wenn der Künstler die Kugelflächen der Linsen in vollkommener Weise geschliffen und centrirt hat) und nach diesem Gesetz das mit dem Gitter in gleicher Weise vergrösserte und verzeichnete Sonnenbild auf ein unverzeichnetes, d. i. jenem im Focus nunmehr vollkommen proportionales, zurückzuführen.

Den Weg dieser Untersuchungen hat Hansen in „P. A. Hansen, Ueber die Anwendung von Lichtbildern zur Beobachtung der Venusvorübergänge vor der Sonne" (Berichte der math.-phys. Classe der kgl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften 1872) und in einem Zusatze zu dieser Abhandlung (ebendaselbst) weitläufig vorgezeichnet. Derselbe diente als Richtschnur für meine Verzeichnungsuntersuchungen betreffend die deutschen Expeditionsphotoheliographen des Jahres 1874 und sei im Folgenden übersichtsweise skizzirt.



Die optische Axe oO (Fig.) des Vergrösserungssystems wird allgemein nicht in den Gittermittelpunkt g des Originalgitters, das als ein Netz zweier sich orthogonal schneidender Systeme von Parallellinien angenommen werde, und deshalb auch nicht in den Mittelpunkt des photographirten Gitters G fallen. Heissen die auf G bezogenen Coordinaten irgend eines Punktes der Photographie ξ und η, so lauten sie bezüglich des optischen Mittelpunktes O ... $\xi + u$ und $\eta + v$, wenn $-u$ und $-v$ die Coordinaten von O bez. G sind. Denkt man sich das Originalgitter entsprechend dem in O statthabenden Vergrösserungsfactor proportional vergrössert auf die Ebene der photographischen Platte übertragen und o nach O übergeführt, so wird g nicht nach G fallen, da G von Verzeichnung afficirt ist. Daher, wenn wir uns g mit G in Coïncidenz gebracht denken und insofern die Abweichung des verzeichneten Gitters vom ideell vergrösserten unverzeichneten zu bestimmen beabsichtigen, müssen für letzteres andere

Coordinaten der optischen Axe: $-u'$ und $-v'$ eingeführt werden. Es stehen also einander gegenüber die

$$\left.\begin{array}{llll} & \text{unverzeichneten Coordinaten} & nx + u' & ny + v' \\ \text{und die} & \text{verzeichneten} \quad " & \xi + u & \eta + v \end{array}\right\},$$

sobald sie auf den optischen Mittelpunkt bezogen werden. Die Grössen $nx - \xi = X$ und $ny - \eta = Y$, hinzugefügt zu den Längen ξ resp. η, führen die Coordinaten ξ und η auf ihren unverzeichneten Betrag zurück. Sie repräsentiren also die Verzeichnung dieser Abstände und sind Dasjenige, was wir suchen.

Heisst allgemein ϱ der Abstand eines Punktes der durch das Vergrösserungssystem verzeichneten Projection vom optischen Mittelpunkt und r der entsprechende Abstand in der unverzeichneten, so kann, wenn die Linsen exact geschliffen und centrirt, ferner die Gläser homogen sind, die Verzeichnung $r - \varrho$ durch die unpaare Function:

$$r - \varrho = a\varrho^3 + b\varrho^5 + c\varrho^7 + \ldots,$$

welche für sehr kleine Werthe von $\varrho \ldots r = \varrho$ giebt, und deren Constanten a b c ... empirisch zu ermitteln sind, ausgedrückt werden. Dieselbe setzt voraus, dass gleichen Abständen zu beiden Seiten des optischen Mittelpunktes gleiche Verzeichnungen entsprechen, eine Supposition, welche Hansen seinen Entwickelungen zu Grunde legt. Anderseits sollen die Coëfficienten a b c ..., wenn das Vergrösserungssystem gut gearbeitet ist, constant für irgendeine durch den optischen Mittelpunkt der Projection gelegte Richtung, d. h. unabhängig vom Positionswinkel dieser Richtung sein.

Ist der Winkel, den die Richtung r mit der xAxe bildet Θ, so ist dies auch der Winkel der Richtung ϱ mit der ξAxe und es folgt:

$$nx + u' = r \cos \Theta \qquad \xi + u = \varrho \cos \Theta$$
$$ny + v' = r \sin \Theta \qquad \eta + v = \varrho \sin \Theta,$$

somit in Anwendung der obigen Beziehung, wenn

$$1 + a\varrho^2 + b\varrho^4 + c\varrho^6 + \ldots = f$$

gesetzt wird:

$$\left\{\begin{array}{l} nx + u' = (\xi + u) f \\ ny + v' = (\eta + v) f \end{array}\right\}, \quad \begin{array}{l} 1) \\ 2) \end{array}$$

wobei

$$\varrho = \sqrt{(\xi + u)^2 + (\eta + v)^2}$$

ist. Diese Gleichungen dienen dazu, die Verzeichnungsuntersuchungen auf die Richtungen parallel den Coordinatenaxen, längs welchen die Abmessungen

beschafft werden, zu übertragen. Als bekannte Grössen fungiren darin die Coordinaten x y des Originalgitters und $\xi\eta$ der Photographie, als Unbekannte die Grössen n, u' v', u v, a b c... Für n wird man sich leicht einen genäherten Werth n_0 dadurch beschaffen, dass man einige Gitterpunkte der Photographie, welche auf den Coordinatenaxen und nahe zur Mitte des Gesichtsfeldes liegen, also verschwindende Verzeichnung besitzen, misst und ihre Abstände durch die correspondirenden des Originalgitters dividirt. Strenge ist dann $n = n_0 + \delta n_0$.

Hansen bringt nun die Gleichungen 1) und 2) auf die Form

$$(n_0 + \delta n_0)x - \xi = X = U + V\xi + A\xi^2 + B\xi^3 + C\xi^4 + \ldots \quad 3)$$

analog parallel η. U hat zunächst die Form

$$U = u' - u + \omega u + \alpha u^3 + \beta u^5 + \gamma u^7 + \ldots,$$

worin $\omega\alpha\beta\gamma\ldots$ Functionen von a b c... und nur von η und v sind. Da u und u' gleichzeitig Null werden, folgt U = o, und diese Gleichung dient zur Bestimmung von u', sobald u und v mit a b c... bekannt geworden.

Die Coordinaten der optischen Axe: —u und —v ergeben sich einfach aus obiger Supposition, nach welcher jeder positiven Coordinate ξ eine Coordinate ξ' mit gleicher Verzeichnung auf der negativen Seite entspricht, sodass $\frac{1}{2}(\xi + \xi') = -u$ resp. $\frac{1}{2}(\eta + \eta') = -v$ ist. Man hat also

$$\left\{\begin{array}{l} +X = V\xi + A\xi^2 + B\xi^3 + \ldots \\ -X = V\xi' + A\xi'^2 + B\xi'^3 + \ldots \end{array}\right\}$$

und

$$0 = -2Vu + A(\xi^2 + \xi'^2) + B(\xi^3 + \xi'^3) + \ldots$$

Eliminirt man hieraus ξ', indem man diese Coordinate durch ξ und u ausdrückt und bemerkt, dass diese Relation dann für alle möglichen Werthe von ξ zu bestehen hat, so folgen eine Reihe von Bestimmungsgleichungen für u als Function der Coëfficienten V, A B C..., welche, wenn das Vergrösserungssystem gut gearbeitet ist, wenn ferner die photographische Schicht keine Verziehung erleidet und die Abmessungen nicht mit Fehlern behaftet wären, dieselben Werthe für u geben müssten. Für den Fall, dass u und v so klein sind, dass man mit ihren ersten Potenzen ausreicht, folgt

$$u = \frac{A}{3B}, \quad u = \frac{C}{5D}, \quad u = \frac{E}{7F} \text{ etc.}$$

analog parallel η.

Geht man an die Bestimmung der Unbekannten V, A B C..., so begegnet man einer Schwierigkeit in dem Umstande, dass δn_0 und V numerischen Coëfficienten angehören, die einander nahe proportional sind, dass somit diese beiden Unbekannten getrennt nicht erhalten werden können. Man bringt aber leicht die Gleichung 3) auf die Form:

$$n_0 x - \xi = V_0 \xi + A_0 \xi^2 + B_0 \xi^3 + \ldots \qquad 4)$$

mit den Beziehungen:

$$\delta n_0 = n_0 \frac{V - V_0}{1 + V_0}, \quad A = A_0 \frac{1 + V}{1 + V_0}, \quad B = B_0 \frac{1 + V}{1 + V_0} \text{ etc.}$$

und sieht, dass die strenge Lösung der Aufgabe noch die Kenntniss der Grösse V verlangt, nachdem $V_0\, A_0\, B_0 \ldots$ bereits ermittelt worden. Da V als Function von a b c ... u v und η die Form hat:

$$V = a\,(\eta + v)^2 + 3\,a\,u^2 + \text{Gl. höherer Ordg.}$$

und für die Coordinatenaxe $\xi \ldots \eta = o$ ist, während allgemein die Coordinaten u v und die Verzeichnungscoëfficienten a b c... sehr kleine Grössen sein werden, so ist für dieselbe V eine Grösse von Kleinheit dritter Ordnung und kann gleich Null gesetzt werden. Das derart ermittelte δn_0 wird dann bis auf Unmerkliches den genäherten Vergrösserungsfactor n_0 in den strengen umsetzen. Hat man aber diesen einmal gefunden, so geht man mit ihm als bekannter Grösse in die anderen, für die Parallellinien zur ξ Axe geltenden, Gleichungen ein und findet Unbestimmtheiten nicht mehr vor. Für die Verzeichnungsreduction könnte man übrigens auch bei der Form 4), in welcher der genäherte Vergrösserungsfactor die Stelle des strengen der Form 3) vertritt, stehen bleiben, da es an und für sich gleichgiltig ist, ob man das Originalgitter mehr oder minder vergrössert auf das photographische Bild übertragen denkt; es würde dann nur die Berichtigung der Abmessungen auf ihren unverzeichneten Werth in etwas grösseren Zahlen erhalten werden.

Im Sinne der strengen Lösung ergeben sich also folgende Regeln der Verzeichnungsermittelung. Man stelle zuerst für die Coordinatenaxen ξ und η die Gleichungen auf:

$$\left\{ \begin{array}{l} n_0 x - \xi = V_0 \xi + A_0 \xi^2 + B_0 \xi^3 + \ldots \\ n_0 y - \eta = V_0' \eta + A_0' \eta^2 + B_0' \eta^3 + \ldots \end{array} \right\}$$

und verschaffe sich durch Messung verschiedener ξ und x (resp. η und y) ihrer so viele, als man Unbekannte bestimmen will. Für jede Axe erhält

man dann eine Verbesserung des genäherten Vergrösserungsfactors n_0 und zwar

$$\delta n_{0_\xi} = -\frac{V_0}{1 + V_0} n_0, \quad \delta n_{0_\eta} = -\frac{V_0'}{1 + V_0'} n_0,$$

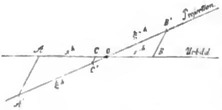
welche Werthe bis auf Grössen von der Ordnung der unvermeidlichen Abmessungsfehler mit einander übereinstimmen müssen, d. h. es darf, wenn Δn die Differenz der so ermittelten n ist, das Product von Δn in die grösste verwendete x resp. y Coordinate nicht merklich die Unsicherheit der Coordinaten ξ resp. η übersehreiten. Ist die Abweichung gering, so führt man weiter zweckmässig $\frac{1}{2}(n_\xi + n_\eta)$ für n und $\frac{1}{2}(V_0 + V_0')$ für V_0 resp. V_0' ein. Die strengen Coëfficienten für die Coordinatenaxen lauten dann:

$$A = \frac{A_0}{1 + V_0}, \quad B = \frac{B_0}{1 + V_0}, \ldots \quad A' = \frac{A_0'}{1 + V_0'}, \quad B' = \frac{B_0'}{1 + V_0'} \ldots\ldots$$

Für alle übrigen Linien der Projection verwendet man in Benützung des erhaltenen n sofort die strenge Form:

$$\begin{Bmatrix} nx - \xi = V\xi + A\xi^2 + B\xi^3 + \ldots \\ ny - \eta = V'\eta + A'\eta^2 + B'\eta^3 + \ldots \end{Bmatrix}$$

Hansen giebt noch die zweckmässigste Auflösungsmethode für ein solches System von 2m Gleichungen. Er zerlegt dasselbe zuerst durch eine einfache Transformation der gemessenen Coordinaten im Bilde in zwei Systeme von halb so viel, also m Unbekannten. Diese Transformation erfordert nur,



dass die Linien des Originalgitters nahe gleiche Abstände haben, und dass die Abweichungen des verzeichneten Bildes von der Proportionalität klein seien. Sie erläutert sich folgend. Sind am Urbild (Originalgitter) gemessen: x^h und x^{-h}, entsprechend der positiven und negativen Seite der Coordinaten, auf der Projection (photographisches Gitter): ξ^h und ξ^{-h}, so ist die Beziehung der Proportionalität ausgedrückt durch

$$x^h = p\xi^h, \quad x^{-h} = p\xi^{-h},$$

in der Figur durch

$$OA = p.OA', \quad OB = p\,OB',$$

wenn p eine Constante bezeichnet. Werden ξ^h und ξ^{-h} verschieden gross vorausgesetzt, und fällt der Halbirungspunkt für A'B' nach C', so entspricht

der Länge $\frac{1}{2}(\xi^h + \xi^{-h}) = A'C' = B'C'$ auf der positiven Seite des Urbildes AC, auf der negativen BC und es ist:

$$AC = x^h - OC = x^h - p . OC'$$
$$BC = x^{-h} + OC = x^{-h} + p . OC'.$$

Wird ferner abgeleitet

$$p = \frac{x^h + x^{-h}}{\xi^h + \xi^{-h}} \text{ und } OC' = \tfrac{1}{2}(\xi^h - \xi^{-h}),$$

so entsprechen auch einander

$$\left\{\begin{array}{l} x^h - \frac{1}{2}(\xi^h - \xi^{-h})\frac{x^h + x^{-h}}{\xi^h + \xi^{-h}} \text{ und } \frac{1}{2}(\xi^h + \xi^{-h}) \\ x^{-h} + \frac{1}{2}(\xi^h - \xi^{-h})\frac{x^h + x^{-h}}{\xi^h + \xi^{-h}} \text{ und } \frac{1}{2}(\xi^h + \xi^{-h}) \end{array}\right\}.$$

Es werden also durch diese Transformation die Abmessungen der Projection paarweise einander gleich gemacht. Die Bestimmungsgleichungen der Unbekannten erhalten dann die Form:

$$nx^0 - \xi^0 = X^0 = V\xi^0 + A\xi^{0\,2} + B\xi^{0\,3} + \ldots$$
$$nx' - \xi^0 = X' = V\xi^0 - A\xi^{0\,2} + B\xi^{0\,3} + \ldots$$
u. s. f.

und zerlegen sich derart durch Addition und Subtraction in zwei von einander unabhängige Systeme, wodurch die Auflösung bedeutend vereinfacht wird.

Die Formeln dieser Auflösung mit ihrem Uebergang zu den ursprünglich eingeführten Coëfficienten abc... sind in Hansen's Abhandlung weitläufig gegeben und finden sich auch, erweitert um einige Glieder, im photographischen Theile der Publikation der deutschen Venuscommission zusammengestellt. Es kann deshalb in dieser Hinsicht auf die bezeichneten Orte verwiesen werden.

Schon aus der Untersuchung längs den beiden Coordinatenaxen wird man ein Urtheil über die Güte des vergrössernden Linsensystems gewinnen, zunächst aus der Discussion der Grössen n und v, ob Symmetrie zu beiden Seiten der optischen Axe besteht, dann aus der Gleichheit oder Verschiedenheit der Coëfficienten a b c..., d. i. der Verzeichnungsfunction f nach beiden Richtungen, ob die durch das Linsensystem eingeführte Verzeichnung für constante Distanz vom optischen Mittelpunkte unabhängig vom Positionswinkel ist oder sich mit ihm ändert. Würden sich die Symmetrieverhältnisse des Systems ungenügend erweisen, so müsste man zur Eruirung der Verzeichnungsfunction ganz den empirischen Weg betreten und der Vergleichung von photographirtem

Gitter mit dem Originalgitter auch die Glieder gerader Potenz zu Grunde legen. Doch wird man allgemein bei dem gegenwärtigen Stande der Technik des Linsenschleifens und Centrirens nur geringe Abweichungen, die von jenen, welche durch Abmessungsfehler eingeführt werden, wohl zu trennen sind, von den obigen Voraussetzungen der Theorie erwarten dürfen.

Die vollkommen strenge Lösung der Aufgabe verlangt, auf jeder Parallellinie des Gitters Abmessungen auszuführen, diese für eine besondere Discussion zu verwenden und mit den erhaltenen Coëfficienten die für diese Richtung charakteristische Verzeichnungstabelle zu berechnen. Die verschiedenen Tabellen lassen sich dann zu einer gemeinschaftlichen parallel ξ und einer zweiten parallel η verbinden, welche mit den Argumenten ξ und η für irgendeinen Punkt der Platte die Berichtigung seiner Abmessungen zu entnehmen gestatten.

Erkennt man, dass die Verzeichnungsfunction f, wie sie für eine bestimmte, durch den optischen Mittelpunkt gehende Richtung ermittelt worden, auch für alle anderen die Verhältnisse richtig darstellt und beachtet man, dass

$$nx + u' = (\xi + u)\, f = (f - 1)\,(\xi + u) + (\xi + u),$$

also

$$X = nx - \xi = u - u' + (f - 1)\,(\xi + u)$$

ist, so folgt bei Vernachlässigung der allgemein überaus kleinen Differenz u—u'

analog
$$\left\{\begin{array}{l} X = (f - 1)\,(\xi + u) \\ Y = (f - 1)\,(\eta + v) \end{array}\right\}.$$

Dann braucht man bloss eine einzige Tabelle mit dem Argumente ϱ und den entsprechenden $f - 1$ $(f - 1 = a\varrho^2 + b\varrho^4 + c\varrho^6 + \ldots)$ zu berechnen, um ebenfalls für jeden Punkt der Platte sofort die Verzeichnung $\| \xi$ und $\| \eta$ zu erhalten. ϱ aber ergiebt sich aus den gemessenen Grössen ξ und η nach $\varrho = \sqrt{(\xi + u)^2 + (\eta + v)^2}$.

Als günstigster Umstand für die Verzeichnungsfrage erweist sich jener, wo die Kleinheit der absoluten Verzeichnungen des Apparates und der geringe Abstand der Gitterlinien derart zusammenwirken, dass man auch für die äussersten Stellen des Gesichtsfeldes mit ersten Differenzen der Verzeichnungstabelle ausreicht. In diesem Falle bietet sich die überaus einfache Methode der Verzeichnungsreduction, welche ich bei den Venusmessungen durchgängig angewandt habe, von selbst dar. In der Figur sei ⊙ der Punkt des Sonnenrandes, dessen Coordinate ξ durch Tangirung ermittelt worden; er falle

beispielsweise zwischen die von der Mitte gezählte 9. und 10. Gitterlinie und stehe von ξ_9 um r, von ξ_{10} um s ab. Der Coordinate ξ_9 entspräche am Originalgitter x_9, $\xi_{10} \ldots x_{10}$. Heisst der Vergrösserungsfactor der photographischen Platte in der optischen Axe wieder n, so haben wir folgende Verzeichnungen:



Argument	X	Erste Differenz.
ξ_9	$nx_9 - \xi_9$	
$\odot \begin{cases} \xi_9 + r \\ \xi_{10} - s \end{cases}$	$X\odot = ?$	$n(x_{10} - x_9) - (\xi_{10} - \xi_9)$.
ξ_{10}	$nx_{10} - \xi_{10}$	

In alleiniger Berücksichtigung dieser ersten Differenz ist

$$X\odot = (nx_9 - \xi_9) + \frac{r}{\xi_{10} - \xi_9}\left[n(x_{10} - x_9) - (\xi_{10} - \xi_9)\right]$$

oder

$$X\odot = (nx_{10} - \xi_{10}) - \frac{s}{\xi_{10} - \xi_9}\left[n(x_{10} - x_9) - (\xi_{10} - \xi_9)\right],$$

somit die unverzeichnete Coordinate des Sonnenrandes:

$$\xi_9 + r + X\odot = n\left[x_9 + r\,\frac{x_{10} - x_9}{\xi_{10} - \xi_9}\right]$$

oder

$$\xi_{10} - s + X\odot = n\left[x_{10} - s\,\frac{x_{10} - x_9}{\xi_{10} - \xi_9}\right].$$

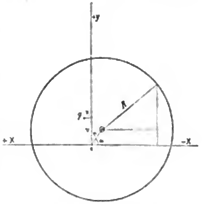
Diese beiden Ausdrücke sind einander gleich, sobald $\xi_{10} - \xi_9$ gleich $r + s$ eingeführt worden. Man könnte aber auch bei constantem Verhalten aller Phänomenplatten ein mittleres, von den Messungsfehlern weniger abhängiges $\xi_{10} - \xi_9$ verwenden, ähnlich wie bei Berücksichtigung eines Mikroskopruns; dann sind sie etwas verschieden, und es giebt ihr Mittel die genauere Coordinate. — Die Ermittelung der unverzeichneten Sonnenrandcoordinate erfordert also in diesem Falle nur die Messung des Abstandes von $\odot$ bis zur nächsten Gitterlinie und des umschliessenden Gitterintervalles auf der Photographie, während die anderen Grössen (excl. n) durch die Ausmessung des Originalgitters gegeben sind. Dividirt man die unverzeichnete, d. i. proportional veränderte Coordinate durch den Vergrösserungsfactor der Platte, so erhält man die Uebertragung auf das Originalgitter, welche also unmittelbar durch die Ausdrücke unter der Klammer gegeben ist, d. i. durch:

$$\left| \begin{array}{l} x_{\odot} = x_9 + r \dfrac{x_{10} - x_9}{\xi_{10} - \xi_9} \\ x_{\odot} = x_{10} - s \dfrac{x_{10} - x_9}{\xi_{10} - \xi_9} \end{array} \right| .$$

Für die Venus, welche bei Vorübergangsaufnahmen stets näher zur Mitte des Gesichtsfeldes liegt, als der Sonnenrand, erhält dieses Verfahren noch grössere Berechtigung. Wie man sieht, wird bei dieser sehr einfachen Methode, die Messungen von Verzeichnungen des Vergrösserungsapparates zu befreien, die umständliche Discussion des der Platte eigenthümlichen Vergrösserungsfactors überflüssig; anderseits wird durch sie der proportionale Theil der Verziehung der photographischen Schicht, wenn ein solcher existirt, eliminirt. — Die Frage, ob es bei dem betreffenden optischen System ausreichend sei, mit ersten Differenzen zu operiren, entscheidet sich schon aus dem für die Coordinatenaxen gefundenen Gesetze, indem man für Punkte, die zwischen den äussersten in Betracht kommenden Gitterlinien liegen, streng berechnete Verzeichnung mit jener, die aus der proportionalen Vertheilung des Verzeichnungsunterschiedes beider Gitterlinien hervorgeht, vergleicht. Differenzen, die innerhalb der Abmessungsfehler liegen, haben natürlich als solche nicht zu gelten. Ist auf diese Weise für beide Coordinatenaxen die Proportionalität innerhalb des kleinsten Gitterintervalles nachgewiesen, so kann dieselbe auch für irgend eine andere durch den Gittermittelpunkt gehende Richtung und deren Componenten, also auch für die zwei Linienintervalle ($\| \xi$ und $\| \eta$), welche jeden Venusrand umschliessen, angenommen werden. Doch wird es sich empfehlen, in dem einen oder anderen Falle für die Coordinatenrichtung durch den Venusmittelpunkt ebenfalls das strenge Verzeichnungsgesetz abzuleiten und abermals die oben erwähnte Vergleichung vorzunehmen.

Die Kenntniss der Verzeichnungsfunction f ermöglicht noch die strenge Lösung der Frage nach dem Sonnenmittelpunkte im photographischen Bilde. Denkt man sich die Aufnahme an einem Orte der Erdoberfläche mit der Sonne im Zenith geschehen und zufällig die Einstellung derart gelungen, dass der Mittelpunkt der Sonne mit jenem Punkt, in welchem die optische Axe des Vergrösserungsapparates das Originalgitter trifft, zusammenfiel, so ist bei gut gearbeitetem optischen System die photographirte Sonne ein Kreis, und es kann keiner Schwierigkeit unterliegen, die Coordinaten ihres Mittel-

punktes zu finden. Man würde nach beiden Coordinatenrichtungen die Sonnenränder durch Tangirung pointiren und die halbe Differenz dieser Sonnenrandcoordinaten als das Gesuchte betrachten.



Hat die erwähnte Coïncidenz nicht statt, so zeigt Hansen a. a. O. (pag. 73), dass der Kreis des Urbildes sich auf der Projectionsebene in ein Oval, das aus zwei gleichen und ähnlichen Hälften besteht, umsetzt und lehrt (pag. 75, 76), bei Kenntniss von f aus drei Abmessungen am Umfange desselben die Lage von Sonnenmittelpunkt und Grösse des Sonnendurchmessers zu finden. Stellt nämlich die Figur das proportional vergrösserte Focalbild der Sonne für die Ebene der photographischen Platte dar und bezeichnen ⊙, o und g der Reihe nach den Mittelpunkt der Sonne, den optischen Mittelpunkt und Gittermittelpunkt, ist ferner $o\odot = p$, der Winkel von p mit $+x \ldots \alpha$ und der Radius des Kreises R, so lautet die Kreisgleichung, bezogen auf den optischen Mittelpunkt:

$$(x - p \cos \alpha)^2 + (y - p \sin \alpha)^2 = R^2,$$

(worin also x und y die Bedeutung des früheren $nx + u'$ und $ny + v'$ haben) und die Gleichung der verzeichneten Projectionsfigur:

$$(\xi f - p \cos \alpha)^2 + (\eta f - p \sin \alpha)^2 = R^2$$

(ξ und η in der Bedeutung des früheren $\xi + u$ und $\eta + v$) oder, wenn $p \sin \alpha = \lambda$, $p \cos \alpha = \mu$ gesetzt wird:

$$\varrho^2 f^2 - 2 \xi f \mu - 2 \eta f \lambda + p^2 = R^2.$$

Zur Ermittelung von λ, μ und R misst man die Coordinaten dreier Punkte der Projection, welche naturgemäss nicht zu nahe an einander fallen dürfen. Hansen schlägt vor, dafür gleich jene Punkte des Sonnenrandes zu wählen, in welchen die Coordinatenaxen auslaufen; der vierte überschüssige Punkt kann zur Controle dienen. Ihre Coordinaten wären

ξ Axe	1. Punkt	ξ	$\eta = 0$	$\varrho = \xi$
	2. „	$\xi_{,}$	$\eta_{,} = 0$	$\varrho_{,} = \xi_{,}$
η Axe	3. „	$\xi_{,,} = 0$	$\eta_{,,}$	$\varrho_{,,} = \eta_{,,}$
	4. „	$\xi_{,,,} = 0$	$\eta_{,,,}$	$\varrho_{,,,} = \eta_{,,,}$.

Man findet dann leicht

$$\mu = \tfrac{1}{2}(\xi f + \xi_{,} f_{,}),\quad \lambda = \frac{\xi f \,.\, \xi_{,} f_{,} + \eta_{u}^{2} f_{u}^{2}}{2\, \eta_{uu} f_{uu}}$$

und hiermit aus irgendeiner der aufgestellten Gleichungen den Halbmesser R. Die Controlgleichung lautet:

$$\xi f \,.\, \xi_{,} f_{,} = \eta_{u} f_{u} \,.\, \eta_{uu} f_{uu}.$$

Der Sonnenmittelpunkt auf der verzeichneten Photographie hingegen ergiebt sich, indem man p in den verzeichneten Werth π, der aus

$$p = \pi + a\pi^{3} + b\pi^{5} + c\pi^{7} + \ldots$$

entweder durch Versuche oder durch Reihenumkehr[1]) folgt, verwandelt und diese Länge vom optischen Mittelpunkte, der leicht mit u und v vom Gittermittelpunkte aus gefunden wird, unter dem Winkel α aufträgt.

Im Allgemeinen trifft obige Voraussetzung eines Kreises am Urbilde nicht zu, da die Refraction diesen in eine Ellipse oder eine dieser ähnliche Figur transformirt. Man wird deshalb, ehe man an diese Untersuchung geht, die gemessenen Sonnenrandcoordinaten der Photographie wegen Refraction zu corrigiren haben.

Eine Vergleichung dieser strengen Eruirung des Sonnenmittelpunktes mit jener, welche aus Tangirungen des Sonnenrandes und der halben Coordinatendifferenz solcher gegenüberliegender Punkte folgt, wird die Methode feststellen, nach welcher die Sonnenrandpointirungen vorzunehmen sind. Von Vortheil ist es natürlich, wenn die Verzeichnung des Vergrösserungsapparates so gering und die Bildorientirung in die Rohrmitte so exact ist, dass mit den Tangirungen des Randes, welche stets scharf bewerkstelligt werden können, sofort Alles gegeben erscheint.

III. Beugung im optischen Apparat.

Wie schon in der Einleitung bemerkt worden, ist das optische Bild der Sonne im Focus eines Refractors oder Telescops in Folge dort auftretender

---

[1])
$$\pi = p + \alpha p^{3} + \beta p^{5} + \gamma p^{7} + \ldots$$
$$\left\{\begin{array}{l} \alpha = -a \\ \beta = 3a^{2} - b \\ \gamma = -12a^{3} + 8ab - c \\ \quad\ldots\ldots \end{array}\right\}$$

Interferenzerscheinungen nicht in allen Theilen gleich hell. Hat die Mitte die Intensität 1, so ist jene des geometrischen Randes ¼ und nimmt weiter ziemlich schnell bis zur Intensität Null ab. Diese Umstand scheint in der Sonnenphotographie von hervorragender Bedeutung zu sein, da mit ihm eine Aenderung der Dimensionen des Bildes je nach Variation der Intensität der Lichtquelle (klarer Himmel oder Wolken), Dauer der Exposition, Empfindlichkeit der Platte und angewendeter Objectivöffnung verbunden ist, wofür die letzten Venusaufnahmen umfangreichen Beleg liefern. Diese Interferenzphänomene seien im Folgenden näher besprochen.

Eine den Astronomen wohlbekannte Thatsache ist, dass bei ruhiger Luft und starker Vergrösserung das Bild eines Sternes im Focus von Refractor oder Teleskop kein Punkt, sondern je nach grösserer oder kleinerer Oeffnung des Objectives ein kleineres oder grösseres Scheibchen, umgeben von hellen Ringen, die bald bis zur Unsichtbarkeit abtonen, ist. Diese Scheibchen erwähnt schon William Herschel, und John Herschel bemerkt in seiner Abhandlung vom Licht wörtlich [1]): „Betrachten wir einen hellen Stern durch ein sehr gutes Fernrohr mit einer geringen Vergrösserung, so erscheint er als eine verdichtete glänzende Lichtmasse, deren Gestalt sich des Glanzes wegen nicht unterscheiden lässt, und die, wie gut auch das Fernrohr ist, selten von Hervorragungen ganz frei ist. Wenden wir aber eine 200-, 300-, 400-malige Vergrösserung an, so erscheint der Stern (unter günstigen Umständen einer ruhigen Amosphäre, einer gleichförmigen Temperatur) als eine vollkommen runde planetarische Scheibe, die von zwei oder drei abwechselnd hellen und dunklen Ringen umgeben ist“ und an einer späteren Stelle: „Ist die ganze Oeffnung eines Fernrohrs mit einem kreisförmigen Diaphragma begrenzt, es mag sich nahe an dem Objectivglas oder dem Spiegel, oder auch von demselben etwas entfernt befinden, so vergrössern sich die Ringe im umgekehrten Verhältniss des Durchmessers der Oeffnung. Wurde die Oeffnung sehr verkleinert (z. B. bis auf einen Zoll für ein Rohr von sieben Fuss Brennweite), so vergrösserte sich die falsche Scheibe bis zu einem planetarischen Ansehen,

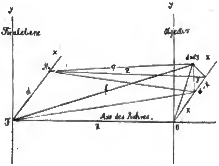
[1]) Vom Licht. Bearbeitet von J. F. W. Herschel. Aus dem Englischen übersetzt von Dr. J. C. Eduard Schmidt. 1831.

war gut begrenzt und nur mit einem Ringe umgeben, der hell genug war, um deutlich gesehen zu werden, und mit schwachen Farben gefärbt war, die einander vom Mittelpunkt der Scheibe aus gerechnet in folgender Ordnung folgten: Weiss, sehr schwaches Roth, Schwarz, sehr schwaches Blau, Weiss, ausserordentlich schwaches Roth, Schwarz. Wurde die Oeffnung noch mehr verringert (auf einen halben Zoll), so waren die Ringe zu schwach, um gesehen zu werden, und die Scheibe wurde sehr vergrössert, so dass die Abnahme des Lichts vom Mittelpunkte nach der Peripherie zu sehr sichtbar wurde, wodurch dieselbe ein nebliges und kometenartiges Ansehen erhielt." Das Gesetz, dass die Vergrösserung der Scheibe umgekehrt proportional zur Aenderung der Objectivöffnung vor sich geht, stellte Fraunhofer 1823 als Resultat seiner Experimente auf.

Die Erklärung dieser Erscheinungen giebt die Undulationstheorie des Lichtes, welche lehrt, dass bei der Umwandlung der von einem sehr entfernten Gegenstande das aplanatische Objectiv oder den Spiegel treffenden Lichtwelle in eine Kugelwelle mit ihrem Centrum im Brennpunkt, in der Ebene desselben Interferenzphänomene mit dem erwähnten Effect auftreten müssen. Im Grossen und Ganzen erscheint dies unmittelbar plausibel, wenn man beachtet, dass für einen ausserhalb des Brennpunktes gelegenen Ort die von der Kugelwelle mit gleichen Schwingungsphasen ausgesandten Elementarwellen Gangunterschiede besitzen, und dadurch die Bedingungen für Auslöschung oder Verstärkung des Lichtes vorhanden sind. Die erste Theorie der Beugung im Focus von Objectiven mit Kreisöffnung hat 1834 Airy gegeben (On the diffraction of an object glass with circular aperture. Transactions of the Cambridge philosophical Society, Vol. V.). Ein Jahr später behandelte Schwerd unabhängig von Airy dasselbe Thema in seiner berühmten Arbeit: Die Beugungserscheinungen aus den Fundamentalgesetzen der Undulationstheorie analytisch entwickelt und in Bildern dargestellt (1835). Endlich gab auch Knochenauer eine selbstständige Lösung desselben Problems in dem Werke: Die Undulationstheorie des Lichtes. In neuester Zeit beschäftigte sich, angeregt durch das Studium der Vorübergangsbeobachtungen von Venus und Merkur vor der Sonnenscheibe, André eingehend mit diesem Gegenstande in seiner Abhandlung: Étude de la diffraction dans les instruments d'optique; son influence sur les observations astronomiques 1876, welche namentlich auf dem Gebiete des experi-

mentellen Nachweises der aus der Theorie (in welcher er sich der Airy'schen Darstellung anschliesst) folgenden Beugungserscheinungen in Fernröhren die früheren Arbeiten wesentlich ergänzt.[1])

dxdy wäre ein Flächenelement des Objectives, von welchem sich der Schwingungszustand nach dem in der Focalebene ausserhalb der optischen Axe liegenden Punkte M fortpflanzt. Die Vibrationsgeschwindigkeit in dxdy ändert sich periodisch und kann für die Zeit T durch die Function sin aT ausgedrückt werden. Zu den Zeiten: $T_1 = 0$, $T_2 = \frac{1}{a}\frac{\pi}{2}$, $T_3 = \frac{1}{a}\pi$, $T_4 = \frac{1}{a}\frac{3\pi}{2}$, $T_5 = \frac{1}{a}2\pi$ besitzt sie die Werthe 0, 1, 0, —1, 0. Nach Verlauf des Zeitraumes $T_5 - T_1 = \tau$ erhält sie also wieder die ursprüngliche Grösse und Richtung, d. h. es ist eine ganze Schwingung vollendet worden. In demselben Zeitraume pflanzt sich auch die Elementarwelle um ein gewisses Stück λ, das Wellenlänge heisst, mit der Geschwindigkeit v longitudinal und gleichförmig fort, sodass $\tau = \frac{\lambda}{v}$ ist. Hiermit ergiebt sich für die Constante a der Werth $\frac{2\pi}{\lambda}v$ und für die Vibrationsgeschwindigkeit in dxdy zur Zeit T der Ausdruck



$$\sin \frac{2\pi}{\lambda} vT.$$

Der allgemeinere Fall ist jener, wo zur Zeit $T = 0$ nicht auch der Vibrationsgeschwindigkeit der Werth Null beigelegt wird. Er ist durch die Form

$$\sin \frac{2\pi}{\lambda} (vT - \alpha)$$

dargestellt. — Dieser momentane Schwingungszustand in dxdy findet nicht auch gleichzeitig in M statt; er braucht vielmehr, wenn der Abstand des Punktes M von dxdy ... q heisst, die Zeit $\frac{q}{v}$, bis er nach M gelangt. Anderseits liegt der Zustand, der augenblicklich in M stattfindet, für dxdy um die Zeit $\frac{q}{v}$ in der Vergangenheit. Es wird also bezeichnet sein durch:

[1]) Vgl. auch: Kaiser, Annalen der Sternwarte in Leiden, III. Bd. 1872, „Bemerkungen über die scheinbaren Durchmesser von Lichtscheiben in einem Fernrohr und deren Berücksichtigung bei der Untersuchung eines Mikrometers".

$\sin \frac{2\pi}{\lambda} [v(T - \frac{q}{v}) - \alpha] = \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vT - q - \alpha)$ die Vibr.-Geschw. in M für T,

durch:

$\sin \frac{2\pi}{\lambda} (vT - \alpha)$ „ „ „ dxdy „ T,

durch:

$-\sin \frac{2\pi}{\lambda} \alpha$ „ „ „ dxdy „ T = 0.

Heisst $0F = z$, $FM = d$, der Abstand F von dxdy ... f, so ist weiter

$$q^2 = z^2 + y^2 + (d-x)^2, \quad f^2 = z^2 + y^2 + x^2$$

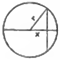
und hieraus genähert $q = f - \frac{xd}{f}$. Der Gesammtzustand in M zur Zeit T, wie er von allen Flächenelementen des Objectives herrührt, ist daher ausgedrückt durch das Doppelintegral:

$$\iint \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vT - f - \alpha + \frac{d}{f} x) \, dx dy,$$

welches sich durch Einführung des Oeffnungsparameters des Objectives nach der Richtung y sofort in das einfache Integral:

$$\int (y_1 - y_0) \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vT - f - \alpha + \frac{d}{f} x) \, dx$$

umsetzt.



Für eine Kreisöffnung des Objectives (Fig.) ist

$$y_1 - y_0 = 2 \sqrt{r^2 - x^2},$$

und es folgt als Vibrationsgeschwindigkeit in M:

$$2 \int_{-r}^{+r} \sqrt{r^2 - x^2} \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vT - f - \alpha + \frac{d}{f} x) \, dx,$$

welcher Ausdruck, wenn man den Sinus auflöst und beachtet, dass das bestimmte Integral $\int_{-r}^{+r} \sqrt{r^2 - x^2} \sin \left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{d}{f} x\right) dx$ wegen der unpaaren Function unter allen Umständen Null ist, übergeht in:

$$2 \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vT - f - \alpha) \int_{-r}^{+r} \sqrt{r^2 - x^2} \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{d}{f} x\right) dx.$$

Setzt man hierin:

$$\frac{x}{r} = w, \quad \frac{2\pi}{\lambda} \frac{d}{f} r = n,$$

so ergiebt sich schliesslich:

$$4r^2 \sin \frac{2\pi}{\lambda} (vT - f - \alpha) \int_0^1 \sqrt{1 - w^2} \cos nw dw.$$

Die Lösung dieses Integrals, welche hier füglich übergangen werden kann, ist die folgende unendliche Reihe:

$$\int_0^1 \sqrt{1-w^2}\cos nw\,dw = \varphi(n) = \frac{\pi}{4}\left[1 - \frac{1}{2}\frac{n^2}{2^2} + \frac{1}{3}\frac{n^4}{(2.4)^2} - \frac{1}{4}\frac{n^6}{(2.4.6)^2} + \ldots\right],$$

die für Werthe von $n < 1$ sehr rasch convergirt. Dieser Function von n und damit von d ist also die Vibrationsgeschwindigkeit in M proportional. Kommt es nur darauf an, die relativen Verhältnisse in der Brennebene zu studiren, so kann dieselbe auch direct als Repräsentantin der Vibrationsgeschwindigkeit und $\varphi(n)^2$ als solche der Lichtintensität in M gelten. Mit Hinweglassung der Grösse $\frac{\pi}{4}$, welche in die Proportionalitätsconstante aufgenommen gedacht werden kann, berechnet nun André Geschwindigkeit und Intensität für die Werthe $n = 0.0$ bis $n = 12.0$ im Intervall 0.2. Die charakteristischen Werthe der letzteren Tabelle sind:

n		Intensität	
0		1	Max. I.
3.85		0	
5.23	3.29	$\frac{1}{57}$	Max. II.
7.14		0	
8.43	3.03	$\frac{1}{240}$	Max. III.
10.17		0	
11.63		$\frac{1}{620}$	Max. IV.

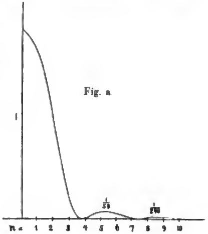
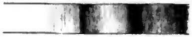


Fig. a

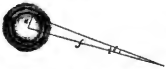
Fig. b.



Sie sind in Fig. a durch Ordinaten, in Fig. b durch Schattirungsabstufung veranschaulicht.

Um die Gesammterscheinung in der Brennebene zu erhalten, hat man sich die Intensitätscurve um eine Axe, die durch die Mitte des Bildes geht und senkrecht zur Brennebene steht, gedreht zu denken, wodurch ein Beugungskörper entsteht, dessen Volumelemente die Intensitäten im Orte ihrer Grundflächen darstellen. Danach erscheint also das Bild eines Sternes in der Brennebene nicht auch als Punkt, sondern als Scheibchen von gewisser Ausdehnung mit regelmässig auf einander folgenden Ringen, deren Intensität von der Mitte nach aussen stufenweise abnimmt, bis dieselben endlich wegen zu geringer Lichtstärke dem Auge ganz verschwinden. Wird der Stern heller, also schon die Intensität im Centrum eine grössere, so kommen natur-

gemäss mehr Lichtmaxima zur Geltung, und der Stern erscheint von mehr Ringen umgeben.

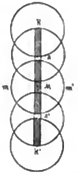


Dass die Breite des innersten hellen Sternscheibchens und der Ringe umgekehrt proportional der Objectivöffnung ist, folgt unmittelbar aus der Beziehung $n = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{d}{f} r$. Wegen $2r = O$ und $\frac{d}{f} = \frac{1}{2}\delta \sin 1''$ (Fig.) ist nämlich die Winkelgrösse δ, unter welcher das Scheibchen resp. der Ring vom Objective aus erscheint:

$$\delta = n \frac{2\lambda}{\pi \sin 1''} \frac{1}{O}.$$

Für $n = 3.85$ (erstes Minimum) erhalten wir die der bestimmten Objectivöffnung entsprechende Breite der innersten Scheibe; dieselbe ist für jedes Objectiv eine charakteristische Constante. Sie ergiebt sich für ein Objectiv von 10 Centimeter Oeffnung (dasselbe vollkommen aplanatisch gedacht) und die Wellenlänge des intensivsten gelben Strahles $\left(\frac{2\lambda}{\pi \sin 1''} = 72.7\right)$ zu 2.″80. Von ihr hängt unter Anderem die auflösende Kraft des Fernrohres bei Beobachtung von Doppelsternen ab; je kleiner diese Beugungsconstante des Instrumentes ist, desto grösser ist dessen auflösende Kraft.

Mit Uebergehung der André'schen Betrachtungen einer ringförmigen Oeffnung (centrale Abblendung des Objectives) und der Verhältnisse bei einem getheilten Objective (Heliometer) wenden wir uns gleich jenem Falle zu, wo die Lichtquelle eine merkliche Ausdehnung besitzt. Da eine solche als eine Summe von leuchtenden Punkten zu betrachten ist, welche, in den verschiedensten Schwingungszuständen befindlich, nach keiner Richtung hin Interferenz, sondern stets die Summe der Elementarintensitäten erzeugen, erhält man den Beugungseffect in M, indem man sich für jeden Lichtpunkt der Quelle nach Obigem die der Oeffnung charakteristischen Beugungskörper construirt denkt und Alles, was von diesen über M zu lagern kommt, summirt. Es ist dies gleichbedeutend damit, dass man nur einen Beugungskörper, dessen Axe aber durch M geht, construirt und den Volumtheil desselben, der über das geometrische Bild der Quelle fällt, als Repräsentant der Intensität in M ansieht. In Anwendung dieses Satzes ist es leicht, die Beugungserscheinungen des Focalbildes irgendwelcher Form zu erkennen.

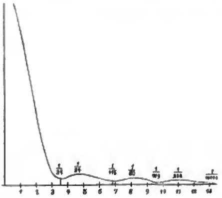


Betrachten wir zunächst das Bild einer Lichtlinie, d. i. eines sehr schmalen Spaltes. Angenommen, der Punkt M (Fig.), dessen Interferenzzustand ermittelt werden soll, läge in der Mitte des Spaltes und der Durchmesser der für die angewendete Objectivöffnung charakteristischen Beugungszone, d. i. des letzten sichtbaren Beugungsringes wäre mm'. Die Intensität in M ist dann durch den schraffirten Ausschnitt dieser Zone aus der Lichtlinie gegeben. Sie bleibt unverändert dieselbe bis zum Punkte A, wo die eine Grenze der Beugungszone das Ende der Linie eben berührt. Ueber A wird die Intensität um jenen Theil der Zone, welcher ausserhalb des Spaltendes fällt, kleiner, bis sie in R, am Spaltende selbst, nur halb so gross wie in A und M ist. Noch weiter nimmt sie continuirlich ab und verschwindet, sobald die andere Grenze des Beugungsringes das Spaltende erreicht. Die Erscheinung in der Richtung der Lichtlinie ist also die folgende: Von A bis A' herrscht dieselbe Intensität wie in der Mitte; weiter tont die Helligkeit des Bildes ab, wird an R und R' nur die Hälfte und sinkt darüber hinaus stetig bis zum Werthe Null. Der geometrische Rand erscheint also von einer Beugungszone gleichsam überdeckt, deren Ausdehnung desto grösser, je kleiner die Oeffnung ist. Anders sind die Verhältnisse in einer zur Lichtlinie senkrechten Richtung. Alle Punkte, die seitlich in einer Parallelen zur Lichtlinie liegen, besitzen gleiche Intensität, da für jeden der Auschnitt des Beugungskörpers gleich ist. Rückt man seitlich mit dem Punkte M immer weiter ab, so werden nicht allein die Ausschnitte im Verhältniss der Sehne der Beugungszone kleiner, sondern treffen successive auf Minima oder schwächer



werdende Maxima des Beugungskörpers, sodass die Erscheinung sich derart präsentirt, dass senkrecht zur Lichtlinie und ausserhalb derselben wieder, wie bei einem Lichtpunkte, abwechselnd Helligkeits-Maxima und -Minima auftreten, mit dem wesentlichen Unterschiede von früher, dass diese Minima kein vollständiges Auslöschen des Lichtes bedeuten. In der That, läge M (Fig.) in einem dunklen Ringe, der zu m als Mittelpunkt gehört, so fiele doch von den Punkten m_1 und m_2 des Spaltes ein heller Ring mit etwas grösserem Radius über M und würde die vollständige Dunkelheit dieses Punktes

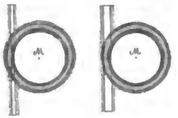
modificiren. — Es ist leicht, wenn s die von der Beugungszone ausgeschnittene Sehnenlänge bezeichnet, das Integral $\int_{-\frac{s}{2}}^{+\frac{s}{2}} \varphi(n)\, ds$ unter der Annahme eines Grenzwerthes n und verschiedener Werthe des Abstandes M von der Lichtlinie zu berechnen. André führt dies durch vom Abstand n = 0 bis zu jenem, in welchem die Grenze der Beugungszone die Lichtlinie nur mehr berührt: n = 13.0, und erhält die Zahlen:



n	Intensität	
0,00	1	
3.55	$\frac{1}{34}$	Min. I.
4.65	$\frac{1}{24}$	
6.80	$\frac{1}{118}$	Min. II.
8.00	$\frac{1}{80}$	
9.60	$\frac{1}{416}$	Min. III.
11.00	$\frac{1}{308}$	
13.00	$\frac{1}{15000}$	Min. IV.,

deren Bild in der Figur veranschaulicht ist. Abgesehen davon, dass jetzt die Minima nicht den Werth Null besitzen, ist noch zu bemerken, dass bei einer Lichtlinie das erste Minimum näher zum geometrischen Bilde liegt, als bei einem Lichtpunkte. Diese Thatsachen waren schon von Fraunhofer erkannt worden.

Fig. c. Fig. d.

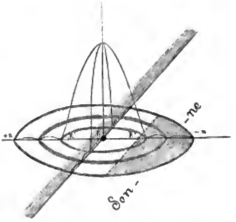


Denken wir uns die Lichtlinie successive breiter werdend (Fig. c und d), so ist es unmittelbar klar, dass für denselben Abstand des Punktes M von der Kante das Minimum mehr und mehr an Helligkeit gewinnt, bis endlich bei genügender Breite der Lichtfläche die Maxima und Minima sich zu unterscheiden aufhören und die Abtonung eine continuirliche, wie an den Enden der obigen Lichtlinie, wird.

In derselben Weise verhält es sich mit dem Bilde einer leuchtenden Scheibe, deren Winkeldurchmesser successive grösser gedacht wird. Bei kleiner Dimension der Scheibe nimmt die Intensität von der Mitte gegen den geometrischen Rand hin continuirlich ab, während dieser von einer Reihe heller

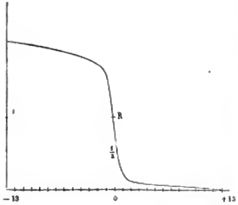
und relativ dunkler Ringe umgeben ist. Diese unterscheiden sich aber desto weniger von einander, je grösser der Durchmesser der Scheibe wird. Erreicht dieser jenen des der Oeffnung charakteristischen Beugungskörpers, so verschwinden die Minima ganz, und das Focalbild erscheint als eine Lichtscheibe, deren Intensität im Centrum am grössten ist und weiter bis zur Grenze des Unsichtbaren allmählig abnimmt.

Bei dem Sonnenbilde, dessen Durchmesser im Verhältniss zur Ausdehnung der Beugungszone sehr gross ist, haben wir daher zwei Helligkeitszonen, welche conform dem geometrischen Rande verlaufen, zu unterscheiden. Die eine umfasst das ganze innere Gebiet bis nahe an den Rand und besitzt in allen Theilen gleiche Intensität. Sie geht desto näher an den Rand, je kleiner die Beugung, je grösser also die Oeffnung des Objectives ist. Die andere besitzt allmählig abnehmendes Licht und überdeckt den geometrischen Rand des Bildes, an welchem die Intensität den halben Betrag der constanten inneren erreicht. — Um diese Verhältnisse durch Rechnung zu ermitteln, hat man wieder in dem fraglichen Punkte, dessen Helligkeit gesucht wird, den Beugungskörper zu errichten und das Volumen desselben, welches über das geometrische Bild fällt, zu bestimmen. Liegt dieser in R (Fig.), im Rande, welcher für die Sonne als geradlinig anzunehmen ist, und erstreckt sich die Beugungszone von —n bis +n, so ist dessen Intensität gegeben durch:



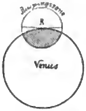
$$\tfrac{1}{2}\int_{-n}^{+n} 2\,n\pi\;\varphi(n)\,dn.$$

Fällt der betrachtete Punkt ausserhalb des Randes, nach R′, so kommt, wenn RR″ = RR′ ist, nur das Volumen über dem schraffirten Theile: von R″ bis —n, zur Geltung u. s. f. André berechnet auch für diesen Fall eine weitläufige Tabelle von 0.2 zu 0.2 Einheiten der Grösse n, aus welcher die folgenden Zahlen entnommen sind:



Innerhalb d. ☉ Randes.		☉ Rand.		Ausserhalb d. ☉ Randes.	
n	Intensität	n	Intensität	n	Intensität
−13.0	1.0000	0.0	0.5000	+ 1.0	0.2407
12.0	0.9998			2.0	0880
11.0	9989			3.0	0416
10.0	9977			4.0	0318
9.0	9967			5.0	0205
8.0	9940			6.0	0124
7.0	9908			7.0	0092
6.0	9877			8.0	0061
5.0	9795			9.0	0034
4.0	9684			10.0	0024
3.0	9585			11.0	0013
2.0	9121			12.0	0002
− 1.0	0.7594			+ 13.0	0.0000

Die Figur veranschaulicht den Gang derselben.



Bei der Venusscheibe, deren Rand im Vergleich zur Ausdehnung der Beugungszone nicht mehr geradlinig betrachtet werden darf, ist leicht einzusehen, dass die Intensität ½ nicht in den geometrischen Rand, sondern etwas innerhalb desselben fällt, überhaupt, dass deren Beugungsverhältnisse mit jenen der Sonne nicht gleich sind.

Indem das Auge nur Intensitäten bis zu einer gewissen Grenze wahrzunehmen im Stande ist, erscheint die Ausdehnung des Bildes der Sonne, des Mondes, der Planeten als eine der vollen Oeffnung des angewendeten Instrumentes von Object zu Object eigenthümliche Grösse, welche André instrumentale Beugungsconstante nennt. Bei der Annahme, dass das Auge fähig wäre, noch $\frac{1}{30}$ der mittleren constanten Intensität der Scheibe wahrzunehmen, erhält er für die Sonne nach obiger Tabelle bei n = 3.8 die Sichtbarkeitsgrenze und damit für ein aplanatisches Objectiv von 10 Centimeter Oeffnung und den gelben Strahl als Ausbreitung des beobachteten Sonnenrandes über den geometrischen = 1.″4, also die Vergrösserung des Durchmessers wegen Beugung = 2.″8. Variirt man bei demselben Instrumente die Objectivöffnung, und ist die Lichtquelle so intensiv, dass die dadurch hervorgerufene Helligkeitsänderung des Bildes nicht in Betracht kommt, so findet man diesen Grenzwerth n auch experimentell, da, wenn D den geometrischen, Δ den beobachteten Durchmesser und c die instrumentale Beugungsconstante bezeichnet, die Beziehungen bestehen:

$$\varDelta_1 = D + c_1 = D + n \,.\, 72.7 \frac{1}{O_1}$$

$$\varDelta_2 = D + c_2 = D + n \,.\, 72.7 \frac{1}{O_2},$$

woraus

$$n = \frac{\varDelta_1 - \varDelta_2}{72.7\left(\frac{1}{O_1} - \frac{1}{O_2}\right)}$$

folgt. In Anwendung dieser Grösse wird es möglich, Durchmesserbestimmungen mit verschiedenen Instrumenten und bei verschiedener Oeffnung auf einander zu reduciren, anderseits Nachtbeobachtungen des Mondes oder der Planeten mit Tagbeobachtungen und namentlich solchen, wo diese Objecte vor der Sonne vorübergehen, in Einklang zu bringen. Heisst nämlich die instrumentale Beugungsconstante für die Nachtbeobachtung c_n, für die Tagbeobachtung c_d, so ist für eine und dieselbe Objectivöffnung:

$$c_n = n_n \; A \frac{1}{O}$$

$$c_d = n_d \; A \frac{1}{O},$$

folglich

$$\varDelta_d = \varDelta_n - \frac{A}{O} \, (n_n - n_d).$$

Auch ergiebt sich unmittelbar die Grösse der nothwendigen Oeffnungsreduction für die Tagbeobachtungen, um denselben Durchmesser wie Nachts zu erhalten aus

$$c_n = n_n \frac{A}{O} = n_d \frac{A}{O'}$$

und

$$\frac{O'}{O} = \frac{n_d}{n_n}.$$

Theils durch besondere Experimente, theils durch Discussion des publicirten Materials über Merkur- und Venus-Vorübergänge, sowie über Nacht- und Tagbeobachtungen der Venus[1]) sucht André die Richtigkeit der Folgerungen der Theorie zu bekräftigen und kommt zu dem Resultat: **Wenn ein Planet vor der Sonne vorübergeht, so wird sein geometrischer Durchmesser bei einer Oeffnung des Instrumentes von 10 Centimeter um 2."634 verkleinert,** welches noch der Bestätigung durch die Discussion des letzten Venusvorüberganges 1874 harrt.

[1]) Vgl. Hartwig, „Untersuchungen über die Durchmesser der Planeten Venus und Mars", Leipzig 1879, worin das bislang vorliegende Material über Tag- und Nachtbeobachtungen von Venus und Mars als unzureichend bezeichnet wird, um daraus die aus der Beugungstheorie für Planetendurchmesser gefolgerten Erscheinungen zu erkennen.

Ich gehe nun über zum Verhalten der Photographie gegenüber dem durch Beugung abgetonten Bilde im Focus eines Refractors oder Telescopes.

Jedem Photographen ist aus seiner Praxis bekannt, dass dunkle Objecte auf hellem Grunde durch längeres Exponiren von ihren Umrissen einbüssen, dass z. B. Blitzableiter, projicirt auf weisse Wolken, im Bilde oft ganz verschwinden. Diese Erscheinung nannte man chemische Irradiation und fasste sie als ein allmähliges Fortrücken der chemischen Action über die Grenzen des geometrischen Bildes hinaus auf. Angot gebührt das Verdienst, die Unhaltbarkeit dieser Ansicht durch zahlreiche interessante Experimente[1]) nachgewiesen und alle bezüglichen Thatsachen auf Beugungserscheinungen zurückgeführt zu haben. Besonders maassgebend erscheint dafür, dass bei genügend kurzer Exposition das erwähnte dunkle Object im Bilde an Ausdehnung nicht allein nicht verliert, sondern gewinnt.

Für seine Versuche benützte Angot, welcher der Begleiter André's auf der Venusexpedition 1874 nach Noumea auf Neucaledonien war, ein photographisches Instrument dieser Expedition von 0.13 Meter Oeffnung und 3.80 Meter Focallänge, das durch Abstandsänderung der beiden Objectivlinsen für chemische Strahlen achromatisirt war. Die Aufnahmen geschahen ohne Vergrösserung im Focus. Als photographisches Object diente ein Doppelspalt in Form von zwei transparenten Rechtecken mit dunklem Trennungsstück, welcher in 87 Meter Distanz vom Fernrohr in den Hallen der École normale supérieure zu Paris aufgestellt war. Die Beleuchtung geschah von hinten durch Drummond'sches Licht. Damit beide Rechtecke genau gleich hell erschienen, waren dieselben mit mattirtem Glase überdeckt. Die Ausmessung der von diesem Doppelspalt unter den verschiedensten Modalitäten aufgenommenen Bilder geschah mit einem Apparat, der $\frac{1}{500}$ des Millimeters noch sicher abzulesen gestattete. Dieser Grösse entsprachen in der Bildebene 0."109 Bogensecunden.

Der Doppelspalt ermöglicht sowohl den Sinn der Dimensionsänderung des geometrischen Bildes als auch deren absoluten Betrag bei Variation der maassgebenden Factoren, als: Expositionsdauer, Intensität der Lichtquelle, Empfindlichkeit der Platte, Durchmesser des Objectives, und des chemischen Zustandes der Platte zu ermitteln, da die Vergrösserung je eines hellen Rechteckes gleich der Verminderung des dunklen ist. Heisst nämlich a die am Objecte selbst gemessene Breite des einen hellen Rechtecks, b jene des dunklen,

[1]) Beschrieben in dem Maihefte der monthly notices vom Jahre 1877.

sind ferner a', b' die entsprechenden Werthe der Bildebene, hingegen l, d die Resultate der Ausmessung am photographischen Bilde (Fig.), so ist gegeben:

$$l + d = a' + b' = m$$

und

$$\frac{a'}{b'} = \frac{a}{b} = n,$$



womit aus

$$l = a' + 2\alpha, \quad d = b' - 2\alpha$$

der absolute Werth von α, d. i. die einseitige Vergrösserung des hellen Rechteckes, folgt. Die Constanz der Grösse $l + d$ für verschiedene Expositionsdauer erwies sich sehr zufriedenstellend. Angot findet für 7 Aufnahmen nebeneinander auf derselben Daguerreotypplatte die Zahlen:

	Expositionsdauer	Breite in $\frac{1}{10}$ Millimeter. l	d	l + d
1.	10 Secunden	593.5	192.6	786.1
2.	30 „	618.5	168.6	787.1
3.	40 „	624.0	163.6	787.6
4.	1 Minute	632.6	155.2	787.8
5.	2 Minuten	645.7	141.4	787.1
6.	4 „	656.4	130.0	786.4
7.	7 „	673.8	113.4	787.2,

woraus als mittlerer Fehler einer Summe nur $\pm 0.^p61 = 0.0012$ Mill. resultirt. Man sieht, je grösser die Dauer der Exposition ist, desto breiter wird das photographische Bild des lichten Rechteckes. Es erklärt sich dies dadurch, dass bei längerer Exposition die photographische Platte für immer schwächere Partieen des durch Beugung abgetonten Spaltrandes empfänglich wird. Diese Empfänglichkeit nähert sich aber bald einer bestimmten Grenze, über welche hinaus selbst ein unendlich langes Exponiren keinen Eindruck mehr hervorbringen würde.

Die Aenderung der Intensität der Lichtquelle, während alle anderen Umstände constant blieben, ergab:

Intensität	Phot. Bild $\frac{1}{10}$ Mill.	—	geom. Bild Bogensecd.
1	+ 116.1		+ 12.66
$\frac{1}{4}$	+ 81.0		+ 8.84
$\frac{1}{9}$	+ 41.5		+ 4.52
$\frac{1}{9.6}$	+ 39.2		+ 4.27
$\frac{1}{18}$	— 22.4		— 2.44.

Wächst die Intensität, so werden die Ordinaten der Beugungscurve proportional grösser, und jene Grenzordinate, welche noch einen photographischen

Eindruck hervorruft, liegt weiter ab vom Rande. Nimmt die Intensität genügend ab, so kann diese Grenzordinate sogar innerhalb des geometrischen Randes fallen, und das photographische Bild wird kleiner als das geometrische. Bemerkenswerth ist, dass bei Variation von Expositionsdauer und Intensität das Experiment zeigt, dass der Effect bei der Intensität 1 und Exposition 2 geringer ist, als bei der Intensität 2 und Exposition 1, was ebenfalls gegen die Hypothese einer Ausbreitung der chemischen Action spricht.

Je empfindlicher die photographische Schicht gemacht wurde, desto mehr vergrössert fand Angot das helle Rechteck; doch liess sich dafür ohne exactes Maass für die Empfindlichkeit kein numerisches Gesetz aufstellen.

Die Variation der Objectivöffnung ergab Dimensionsänderungen des photographischen Bildes, in denen das Beugungsgesetz vollständig wieder zu erkennen war. Dass die Vergrösserung des Bildes etwas langsamer als nach der Theorie vor sich ging, erklärt Angot daraus, dass bei Modification der Objectivöffnung Verzeichnung und Beugung einander entgegenwirken. — Um bei diesen Versuchen constante Helligkeit des Bildes zu bewahren, wurde bei Reduction der Objectivöffnung auf die Hälfte die Intensität der Lichtquelle auf den vierfachen Betrag erhöht. Angot führt die Zahlen an:

	Oeffnung	Phot. Bild — geom. Bild in $\frac{1}{100}$ Mill.
1. Exp.	1	27.0
1. Exp.	$\frac{1}{2}$	43.0
2. Exp.	1	50.2
2. Exp.	$\frac{1}{2}$	72.0.

Indem endlich die präparirte photographische Platte zum Theil diffusem Lichte ausgesetzt und dann zur Aufnahme des Doppelspaltes verwendet wurde, zeigte es sich stets, dass die vom diffusen Lichte ursprünglich nicht getroffene Stelle eine stärkere Verbreiterung des Bildes gab. Angot fand:

	Ausgesetzt gewesen diffusem Lichte:		Breite des hellen Rechteckes: Vorher exponirte Hälfte der Platte	Breite des hellen Rechteckes: Nicht exponirte Hälfte
Daguerreotyp-Pl.	30 Secunden		$514\overset{p}{.}9$	$535\overset{p}{.}6$
Daguerreotyp-Pl.	1 Minute		537.3	560.4
Daguerreotyp-Pl.	4 Minuten		563.0	581.5
Trocken-Pl.	1 Minute	Int. 1	584.5	622.7
Trocken-Pl.	2 Minuten	Int. 1	620.5	641.0
Trocken-Pl.	1 Minute	Int. $\frac{1}{4}$	516.5	558.0
Trocken-Pl.	2 Minuten	Int. $\frac{1}{4}$	558.5	579.0.

Auch dies erklärt sich ungezwungen aus den Beugungsphänomenen. Ebenso, wie bei hellerem Himmelsgrunde der Durchmesser eines Gestirnes dem Auge kleiner erscheint, da die äusseren Ordinaten der Beugungscurve sich mit dem Grunde ausgleichen und verschwinden, wird hier für jene Partie, wo die Beugungsabstufung auf ein schon erhelltes Feld trifft, der Effect geringer. Nach der Hypothese der chemischen Irradiation müsste aber gerade in diesem Falle wegen Summirung der Wirkung das Umgekehrte stattfinden, wodurch abermals deren Unhaltbarkeit einleuchtet.

Die aus diesen Versuchen folgende überaus grosse Empfindlichkeit der Photographie gegenüber dem durch Beugung abgetonten Bilde lässt unmittelbar erkennen, dass man für jede Platte eines Venusvorüberganges einen anderen Sonnen- resp. Venus-Durchmesser zu erwarten hat, dass also diese einzeln zur Umsetzung des Längenmaasses der Photographie in Winkelmaass nicht verwendet werden können. Leider kann auch die Summe beider Durchmesser gemäss der Beugungstheorie nicht von Platte zu Platte als Constante betrachtet werden, was die Expeditionsaufnahmen 1874 durchwegs bestätigen. Ist der Photoheliograph exact centrirt, so dass die Lichtvertheilung im Bilde eine ganz gleichmässige ist, und hat man es während der Erscheinung nicht mit vorüberziehenden Dünsten resp. Wolken zu thun, welche die Intensität der Sonne in verschiedenen Theilen verschieden zu gestalten fähig sind, so wird man allgemein annehmen können, dass das photographische Sonnenbild nach Anbringung von Verzeichnung und Refraction ein vollkommener Kreis und die Mittelpunktsbestimmung desselben vollkommen sicher ist. Natürlich bleiben noch die in der Einleitung bemerkten Bedenken, die im photographischen Verfahren selbst liegen, bestehen, so lange nicht durch besondere Experimente der Einfluss des Processes auf die Gestaltung des in die sensible Schicht eingezeichneten, abgetonten, Bildes als verschwindend nachgewiesen ist.

Nach diesen Betrachtungen erscheinen zwei Methoden, welche für die photographische Zeitermittelung des Contactes der Venus mit der Sonne vorgeschlagen worden, kaum brauchbar. Ich meine die Methode von Janssen,[1])

[1]) Méthode pour obtenir photographiquement les circonstances physiques des contacts, avec les temps correspondants par M. J. Janssen (Communication faite à la Commission du passage de Vénus, dans sa séance du 15 février 1873); ferner: On a piece of apparatus for carrying out M. Janssen's Method of Time-Photographic-Observations of the Transit of Venus. By Warren de la Rue. Erstere Abhandlung in: Recueil de Mémoirs etc. Paris 1874, p. 295, letztere in: Monthly notices Bd. XXXIV, p. 347.

aus einer Reihe, in sehr kurzen und regelmässigen Intervallen mit genauer Zeitregistrirung aufgenommener, Photographieen um den Moment des Ein- oder Austrittes herum die Contactaufnahme herauszusuchen, ferner die Cornu'sche Methode,[1] aus Aufnahmen nach (Eintritt) oder vor (Austritt) dem Contacte im Verfolg der gesetzmässigen Aenderung der zwischen Sonne und Venus gemeinschaftlichen Sehne auf die Sehne Null, d. i. den Berührungsmoment selbst zu schliessen. Bei beiden Methoden ist nämlich der Fall denkbar, dass die in Zeit später aufgenommene Photographie bildlich eine Phase repräsentirt, die in Zeit zurückliegt, d. h. dass nach einem kleiner werdenden Tropfen (Eintritt) wieder ein grösserer Tropfen, nach einer grösser werdenden Sehne wieder eine kleinere Sehne folgt, wie dies Angot bei willkürlicher Variation der Intensitäts- und Expositionsverhältnisse an Aufnahmen eines künstlichen Venusvorübergangsmodells bestätigt gefunden hat.

---

[1]) Méthode d'observation pour le passage de Vénus et pour les éclipses de Soleil par M. A. Cornu. (Note lue à la Commission du passage de Vénus, dans sa séance du 21 juin 1873) in: Recueil etc. p. 415. Cornu führt in dieser Abhandlung zwei Methoden an, aus den in der Nähe des Contacts gemessenen Sehnen zwischen Venus und Sonne den Berührungsmoment herzuleiten, indem er den folgenden sich leicht ergebenden Satz benützt: Wenn man die halben Längen der erwähnten Sehnen als Ordinaten der correspondirenden Epochen, zu welchen sie stattfinden, letztere als Abscissen gedacht, aufträgt, so erhält man eine Ellipse, die den Durchmesser des Planeten zur kleinen Axe, die Dauer der Passage am Sonnenrande zur grossen Axe hat. Die erste Berechnungsart verlangt die Messung von mindestens drei Sehnen, die zur scharfen Bestimmung des Scheitels der Ellipse nicht zu nahe diesem und zu einander liegen dürfen; überzählige Messungen werden nach der Methode der kleinsten Quadrate verwerthet. Sie erfordert keine absolute Messung von Winkeln oder Längen, da man gewissermassen nur eine Fehlercurve, deren Form bekannt ist, construirt. Dagegen erscheint die zweite Berechnungsart besonders genau, wenn die Aufnahmen möglichst nahe dem Contactmomente liegen. Diese interpretirt jede einzelne Beobachtung, setzt aber die Kenntniss der Durchmesser von Sonne und Venus, der Lage der relativen Trajectorie und der Schnelligkeit der relativen Bewegung, wenn auch nur genähert, voraus. — In einer zweiten Abhandlung: Résultats numériques relatifs à l'observation photographique de l'éclipse partielle de Soleil du 26 mai 1873. Recueil etc. p. 429, wendet sie Cornu ausführlich an, nachdem schon in der ersten gezeigt worden, dass die Betrachtungen ganz dieselben bleiben, ob die eine Scheibe sehr gross gegen die andere ist oder beide gleich gross erscheinen.

Anhang

betr. die Verziehung der photographischen Schicht.

Tab. A.

I. Platte feucht gemessen. (1878, Mai 1.)

Parallel ξ.

1.	2.	3.			4.		5.			6.	7.	8.	9.		10.		11.
Einstellungs-object.	Güte.	Photographische Platte.			Maassstab.		Uebertragung auf den Maassstab.			Temp. R°	Theil. Fehler. 0°	Theil. Fehler. t°	Umwandlung der Umdrehungen in Millimeter.		Berichtigte Uebertragung auf den Maassstab in Millimeter.		Coordinaten in Mill.
		●→ u	←● u	Zeit	●→	u		u	u	°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
+10	2	1.6913	1.7133	22h 20m	(−2)	+1.8961	(−2)	+0.205	+0.194	+12.1	0.000	−0.0005	+0.0480	+0.0454	−1.9525	−1.9551	61.1497
+ 9	2	1.6826	1.6907	22	(4)	2.6044	(4)	+0.922	+0.925	12.2	−0.001	+0.0011	+0.2159	+0.2166	+4.2160	+4.2167	54.9795_5
+ 8	2	1.6770	1.6865	25	(10)	3.1893	(10)	+1.512	+1.514	12.2_5	−0.001	0.0027	+0.3540	+0.3545	10.3557	10.3562	48.8399_5
+ 6	2	1.6695	1.6852	28	(22)	4.2652	(22)	+2.596	+2.591	12.3	−0.002	0.0059	+0.6078	+0.6067	22.6117	32.6106	36.5847_5
+ 4	2	1.6490	1.6678	31	(35)	0.7242	(35)	−0.925	−0.932	12.3	−0.003	0.0094	−0.2166	−0.2182	34.7898	34.7882	24.4069
+ 2	2	1.7240	1.7551	34	(47)	1.5950	(47)	−0.129	−0.149	12.3_5	−0.005	0.0127	−0.0302	−0.0349	46.9775	46.9728	12.2207_5
0	2	1.6739	1.6929	38	(59)	2.4503	(59)	+0.776	+0.769	12.4	−0.001	0.0160	+0.1817	+0.1801	59.1967	59.1951	
− 2	2	1.7257	1.7353	41	(71)	3.2227	(71)	+1.497	+1.499	12.5_5	−0.010	0.0195	+0.3505	+0.3510	71.3600	71.3605	12.1643_5
− 4	2	1.7341	1.7413	44	(83)	4.0411	(83)	+2.307	+2.311	12.7_5	−0.010	0.0231	+0.5402	+0.5411	83.5533	83.5542	24.3578_5
− 6	2−3	1.7201	1.7373	47	(96)	0.4293	(96)	−1.291	−1.297	12.6_5	−0.011	0.0266	−0.3023	−0.3037	95.7133	95.7119	36.5167
− 8	2−3	1.6938	1.7188	50	(108)	1.6234	(108)	−0.070	−0.084	12.6_5	−0.011	0.0299	−0.0164	−0.0197	108.0025	107.9992	48.8049_5
− 9	2	1.7024	1.7154	53	(114)	2.1185	(114)	+0.416	+0.414	12.8	−0.013	0.0319	+0.0974	+0.0969	114.1163	114.1158	54.9201_5
−10	2−3	1.6647	1.6799	55	(120)	2.7875	(120)	+1.123	+1.119	12.8_5	−0.014	0.0337	+0.2629	+0.2620	120.2826	120.2817	61.0862_5
+ 7(o)	2	1.6780	1.7053	23 0	(16)	3.3547	(16)	+1.677	+1.661	12.9	−0.001	0.0045	+0.3927	+0.3889	16.3962	16.3924	42.7954
0(o)	2	1.6811	1.6858	2	(59)	2.4212	(59)	+0.740	+0.747	12.9	−0.001	0.0166	+0.1733	+0.1749	59.1889	59.1905	
− 7(o)	2−3	1.6887	1.6990	5	(102)	1.4381	(102)	−0.251	−0.250	12.9_5	−0.011	0.0289	−0.0588	−0.0585	101.9591	101.9594	42.7695_5
+ 7(u)	2	1.6741	1.6793	9	(16)	3.5478	(16)	+1.874	+1.880	12.9_5	−0.001	0.0045	+0.4388	+0.4402	16.4423	16.4437	42.7739_5
0(u)	2	1.6830	1.6923	12	(59)	2.5411	(59)	+0.858	+0.860	13.0	−0.001	0.0168	+0.2009	+0.2014	59.2167	59.2172	
− 7(u)	2−3	1.7157	1.7391	15	(102)	1.4715	(102)	−0.244	−0.256	13.0_5	−0.011	0.0291	−0.0571	−0.0599	101.9610	101.9582	42.7426_5

Intervall (62) — (61) = 0.9993 mm = 4.2680 u, + 12.9_5° R.

Anmerkung. Um 23h 5m fängt die Platte an den Rändern anzutrocknen an. — 7 (o), + 7 (u), — 7 (u) dürften nicht mehr ganz feucht gewesen sein. Beim Antrocknen machte sich eine streifige Structur der Schicht in der Richtung von c nach b (Fig.) bemerkbar.

Tab. A.

II. Platte trocken gemessen. (Mai 2.)

1. Einstellungs-object.	2. Güte.	3. Photographische Platte.		4. Maassstab.		5. Uebertragung auf den Maassstab.			6. Temp. R°	7. Theil. Fehler. θ°	8. Theil. Fehler. t°	9. Umwandlung der Umdrehungen in Millimeter.		10. Berichtigte Uebertragung auf den Maassstab in Millimeter.		11. Coordinaten in Mill.
		→π'	←π		→u		u	u	°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
+10	2	1.6634	1.6928	(−2)	+1.8466	(−2)	+0.188	+0.165	+12.0	0.000	−0.0005	+0.0428	+0.0386	−1.9577	−1.9619	61.1498
+ 9	2	1.6913	1.7014	(4)	2.5855	(4)	+0.894	+0.895	12.0	−0.001	+0.0010	+0.2092	+0.2096	+4.2092	+4.2095	54.9806_5
+ 8	2	1.6727	1.6862	(10)	3.1498	(10)	+1.477	+1.476	12.0_5	−0.001	0.0026	+0.3457	+0.3455	10.3473	10.3471	48.8428
+ 6	2	1.7063	1.7198	(22)	4.2707	(22)	+2.564	+2.563	12.0_5	−0.002	0.0058	+0.6001	+0.5999	22.6039	22.6037	36.5962
+ 4	2	1.7179	1.7296	(35)	0.7692	(35)	−0.949	−0.949	12.1	−0.003	0.0093	−0.2221	−0.2221	34.7842	34.7842	24.4058
+ 2	2	1.7006	1.7179	(47)	1.5438	(47)	−0.157	−0.163	12.1_5	−0.005	0.0125	−0.0367	−0.0382	46.9708	46.9693	12.2199_5
0	2	1.6908	1.7066	(59)	2.4418	(59)	+0.751	+0.747	12.2	−0.001	0.0157	+0.1758	+0.1748	59.1905	59.1895	
− 2	2	1.6961	1.7072	(71)	3.1623	(71)	+1.466	+1.466	12.3	−0.010	0.0191	+0.3431	+0.3431	71.3522	71.3522	12.1622
− 4	2	1.7069	1.7243	(83)	3.9986	(83)	+2.290	$+2.285_5$	12.3_5	−0.010	0.0224	+0.5360	+0.5349	83.5484	83.5473	24.3578_5
− 6	2—3	1.7141	1.7207	(96)	0.3870	(96)	−1.327	$−1.322_5$	12.4	−0.011	0.0260	−0.3106	−0.3095	95.7044	95.7055	36.5149_5
− 8	2—3	1.7003	1.7070	(108)	1.5991	(108)	−0.101	−0.097	12.6	−0.011	0.0298	−0.0236	−0.0227	107.9952	107.9961	48.8056_5
− 9	2	1.6913	1.7044	(114)	2.0891	(114)	+0.398	+0.396	12.7_5	−0.013	0.0318	+0.0932	+0.0927	114.1120	114.1115	54.9217_5
−10	2—3	1.7183	1.7123	(120)	2.8053	(120)	+1.087	+1.104	12.8	−0.014	0.0336	+0.2544	+0.2584	120.2740	120.2780	61.0960
+ 7(o)	2	1.6598	1.6732	(16)	3.2795	(16)	+1.620	$+1.617_5$	12.8_5	−0.001	0.0045	+0.3792	+0.3786	16.3827	16.3821	42.7972_5
0(o)	2	1.7108	1.7236	(59)	2.4128	(59)	+0.702	+0.700	12.8_5	−0.001	0.0166	+0.1643	+0.1638	59.1799	59.1794	
− 7(o)	2—3	1.7516	1.7687	(102)	1.4678	(102)	−0.284	−0.290	12.9	−0.011	0.0288	−0.0665	−0.0679	101.9513	101.9499	42.7709_5
+ 7(u)	2	1.7038	1.7161	(16)	3.5639	(16)	+1.860	+1.859	13.0_5	−0.001	0.0046	+0.4353	+0.4351	16.4389	16.4387	42.7750_5
0(u)	2	1.6932	1.7049	(59)	2.5397	(59)	$+0.846_5$	+0.846	13.0	−0.001	0.0168	+0.1981	+0.1980	59.2139	59.2138	
− 7(u)	2—3	1.6689	1.6789	(102)	1.4081	(102)	−0.261	−0.260	13.0_5	−0.011	0.0291	−0.0611	−0.0609	101.9570	101.9572	42.7432_5

Vor der Messung: Intervall (62) — (61) = 0.9993 mm = 1.2707 u, + 11.6_5° R.
Nach der Messung: Intervall (62) — (61) = 0.9993 mm = 1.2686 u, + 13.1° R.

Tab. A. III. **Messung derselben Platte, nachdem sie warm lackirt worden.** (Mai 3.)

		→	←		→											
		u	u		u		u	u	°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
+10	2	1.6823	1.7182	(−2)	+1.9205	(−2)	+0.238	$+0.213_5$	$+12.7_5$	0.000	−0.0006	+0.0556	+0.0499	−1.9450	−1.9507	61.1503
+ 9	2	1.6884	1.7108	(4)	2.6343	(4)	+0.946	+0.935	12.8	−0.001	+0.0011	+0.2211	+0.2185	+4.2212	+4.2186	54.9825_5
+ 8	2	1.7222	1.7357	(10)	3.2473	(10)	+1.525	+1.523	13.0	−0.001	0.0028	+0.3564	+0.3560	10.3582	10.3578	48.8444_6
+ 6	2	1.7309	1.7460	(22)	4.3365	(22)	+2.606	+2.602	13.0	−0.002	0.0063	+0.6091	+0.6082	22.6134	22.6125	36.5895
+ 4	2	1.6854	1.7058	(35)	0.7818	(35)	−0.904	−0.913	13.0	−0.003	0.0100	−0.2118	−0.2134	34.7957	34.7936	24.4078
+ 2	2	1.6810	1.6918	(47)	1.5636	(47)	−0.117	−0.117	13.0	−0.005	0.0134	−0.0273	−0.0273	46.9811	46.9811	12.2213_5
0	2	1.6976	1.7183	(59)	2.5008	(59)	+0.803	+0.798	13.1	−0.001	0.0169	+0.1877	+0.1854	59.2036	59.2013	
− 2	2	1.7121	1.7246	(71)	3.2238	(71)	+1.512	+1.510	13.0	−0.010	0.0202	+0.3534	+0.3529	71.3636	71.3631	12.1609
− 4	2	1.7018	1.7083	(83)	4.0316	(83)	+2.330	$+2.334_5$	13.1_5	−0.010	0.0239	+0.5446	+0.5457	83.5585	83.5596	24.3566
− 6	2—3	1.7418	1.7468	(96)	0.4578	(96)	−1.284	−1.278	13.2	−0.011	0.0277	−0.3001	−0.2987	95.7166	95.7180	36.5148_5
− 8	2—3	1.6864	1.7187	(108)	1.6349	(108)	-0.051_6	−0.073	13.3	−0.011	0.0314	−0.0120	−0.0171	108.0084	108.0033	48.8034
− 9	2—3	1.7016	1.7138	(114)	2.1341	(114)	$+0.432_6$	$+0.431_5$	13.3_5	−0.013	0.0333	+0.1011	+0.1009	114.1214	114.1212	54.9188_5
−10	2—3	1.7067	1.7287	(120)	2.8598	(120)	+1.153	+1.142	13.3	−0.014	0.0349	+0.2695	+0.2669	120.2904	120.2878	61.0866_5
+ 7(o)	2	1.7116	1.7237	(16)	3.6988	(16)	+1.987	+1.986	13.3_5	−0.001	0.0047	+0.4641	+0.4642	16.4681	16.4679	42.8000
0(o)	2	1.7279	1.7377	(59)	2.8039	(59)	+1.076	+1.077	13.4_5	−0.001	0.0174	+0.2515	+0.2517	59.2679	59.2681	
− 7(o)	2—3	1.7342	1.7484	(102)	1.8024	(102)	+0.068	+0.065	13.4_5	−0.011	0.0300	+0.0159	+0.0152	102.0349	102.0342	42.7665_5
+ 7(u)	2	1.7347	1.7522	(16)	3.3216	(16)	+1.587	+1.581	13.4_5	−0.001	0.0047	+0.3709	+0.3695	16.3746	16.3732	42.7769
0(u)	2	1.6927	1.7059	(59)	2.2985	(59)	+0.576	+0.574	13.4_6	−0.001	0.0174	+0.1346	+0.1342	59.1510	59.1506	
− 7(u)	2—3	1.7023	1.7313	(102)	1.1824	(102)	−0.520	−0.538	13.4_5	−0.011	0.0300	−0.1215	−0.1258	101.8975	101.8932	42.7445_6

Intervall (62) — (61) = 0.9993 mm = 4.2753 u, + 13.4_5 ° R.

IV. **Wiederholung eines Theiles der Messung vom 3. Mai am 15. Mai.**

		→	←		→											
		u	u		u		u	u	°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
+ 7(o)	2	1.6912	1.7218	(16)	+3.6841	(16)	+1.993	$+1.973_5$	$+13.5_5$	−0.001	+0.0047	+0.1664	+0.4618	16.4701	16.4655	42.7998_5
0(o)	2	1.6848	1.6872	(59)	2.7534	(59)	+1.069	+1.077	13.6_5	−0.001	0.0176	+0.2501	+0.2520	59.2667	59.2686	
− 7(o)	2—3	1.7501	1.7671	(102)	1.8099	(102)	+0.060	+0.054	13.7_5	−0.011	0.0307	+0.0140	+0.0126	102.0337	102.0323	42.7653_5
+ 7(u)	2	1.7016	1.7198	(16)	3.2914	(16)	+1.590	+1.583	13.7_5	−0.001	0.0048	+0.3721	+0.3704	16.3759	16.3742	42.7754_6
0(u)	2	1.7048	1.7211	(59)	2.2790	(59)	+0.574	+0.569	13.8	−0.001	0.0178	+0.1343	+0.1331	59.1511	59.1499	
− 7(u)	2—3	1.6797	1.6906	(102)	1.1322	(102)	-0.547_5	−0.547	13.9	−0.011	0.0310	−0.1281	−0.1280	101.8919	101.8920	42.7414_5

Intervall (62) — (61) = 0.9993 mm = 4.2705 u, + 13.9_5 ° R.

Tab. B.

Resultate.

I.

	+10	+9	+8	+6	+4	+2	−2	−4	−6	−8	−9	−10	+7(o)	−7(o)	+7(u)	−7(u)
	mm															
1. Platte feucht gemessen:	61.1497	54.9795	48.8399	36.5847	24.4069	12.2207	12.1643	24.3578	36.5167	48.8049	54.9201	61.0862	42.7954	42.7695	42.7739	42.7426
2. „ trocken „	1498	9806	8428	5862	4058	2199	1622	3578	5149	8056	9217	0860	7972	7709	7750	7432
3. „ warm lackirt „	1503	9825	8444	5895	4078	2213	1609	3566	5148	8034	9188	0866	8000	7665	7769	7445
4. Wiederholung von 3:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7998	7653	7754	7414
Mittlerer Fehler einer Coordinate in Tausendstel Millimeter:	±0.4	1.5	2.3	2.5	1.0	0.7	1.7	0.7	1.1	1.1	1.5	1.0	2.2	2.6	1.2	1.3

II.

	±10	±9	±8	±6	±4	±2	±7(o)	±7(u)
	mm							
1. Platte feucht gemessen:	122.2359	109.8997	97.6449	73.1014	48.7647	24.3851	85.5649	85.5166
2. „ trocken „	2358	9024	6484	1011	7636	3821	5682	5183
3. „ warm lackirt „	2369	9014	6478	1043	7644	3822	5665	5214
4. Wiederholung von 3:	—	—	—	—	—	—	5652	5169
Mittlerer Fehler eines Abstandes in Tausendstel Millimeter:	±0.6	1.4	1.9	1.7	0.6	1.7	1.5	2.2

III. (Tausendstel Mill.)

		+10	+9	+8	+6	+4	+2	0	−2	−4	−6	−8	−9	−10	+7(o)	0(o)	−7(o)	+7(u)	0(u)	−7(u)
Doppelte persönliche Gleichung d. i. zweite Pointirung — erste Pointirung	1.	−2.6	+0.7	+0.5	−1.1	−1.6	−4.7	−1.6	+0.5	+0.9	−1.4	−3.3	−0.5	−0.9	−3.8	+1.6	+0.3	+1.4	+0.5	−2.8
	2.	−4.2	+0.3	−0.2	−0.2	0.0	−1.5	−1.0	0.0	−1.1	+1.1	+0.9	−0.5	+4.0	−0.6	−0.5	−1.4	−0.2	−0.1	+0.2
	3.	−5.7	−2.6	−0.4	−0.9	−2.1	0.0	−2.3	−0.5	+1.1	+1.4	−5.1	−0.2	−2.6	−0.2	+0.2	−0.7	−1.4	−0.4	−4.3
	4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−4.6	+1.9	−1.4	−1.7	−1.2	+0.1
Mittlere einf. persönl. Gleichung:		−2.1	−0.3	0.0	−0.4	−0.6	−1.0	−0.8	0.0	$+0.1_5$	+0.2	-1.2_5	−0.2	+0.1	-1.1_5	+0.4	−0.4	−0.2	-0.1_5	-0.8_5
Mittlere Schwankung derselben:		±0.8	0.9	0.2	0.2	0.5	1.2	0.3	0.2_5	0.6	0.8	1.5	0.1	1.7	1.1	0.6	0.4	0.7	0.4	1.1

NOVA ACTA
der Ksl. Leop.-Carol.-Deutschen Akademie der Naturforscher
Band XLI. Pars I, Nr. 3.

Photogramme

zur

Ontogenie der Vögel.

Von

C. Kupffer und **B. Benecke,**
Professoren in Königsberg in Preussen.

I. Serie in 15 Tafeln, Nr. I—XV.

Mit Text von C. Kupffer.

Eingegangen bei der Akademie den 23. März 1879.

HALLE.
1879.
Druck von E. Blochmann & Sohn in Dresden.
Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig

Vorwort.

Die photographischen Aufnahmen embryologischer Präparate, die in den vorliegenden Blättern der Oeffentlichkeit übergeben werden, hat mein geschätzter College Benecke auf meine Anregung während zweier Brutperioden ausgeführt. Ich wünschte zunächst für meine Vorlesungen über Embryologie Bilder zu erlangen, die das Präparat zu ersetzen vermöchten. Nachdem diesem nächsten Bedürfnisse genügt war, fand ich, dass die Bilderreihe, die in den aufeinanderfolgenden Phasen der Entwickelung enger an einander schloss, als irgend eine andere der bisher vorliegenden Serien embryologischer Abbildungen, ein werthvolles Hilfsmittel für jede auf Durchschnitte sich stützende Forschung abgab. Ich konnte bald unsere Bilder nicht mehr entbehren, wenn es galt, sich an Querschnitten über die Regionen und über die Ausdehnung der von dem Schnitte getroffenen Organe und

20*

Anlagen zu orientiren. Bot doch das Photogramm die Möglichkeit, sich mit Zirkel und Maassstab über die absoluten und relativen Dimensionen der einzelnen Theile zu unterrichten. Diese Erfahrung liess mich hoffen, dass auch den Fachgenossen mit einer so vollständigen Reihe von Bildern, bei denen das subjektive Moment der Auffassung des Darstellenden ausgeschlossen war, gedient sein dürfte. Andererseits liess sich erwarten, der angehende Arbeiter auf diesem Gebiete werde gern die Photogramme zur Hand nehmen, die ihm in vielen Stücken eine Sammlung von Präparaten zu ersetzen vermögen und vor letzteren den Vorzug haben, nebeneinander betrachtet und verglichen werden zu können. Das bestimmte mich, meinem Mitarbeiter den Vorschlag zu machen, mit der Veröffentlichung unserer Bilder zu beginnen. Von der Aufnahme, die dieser ersten Serie zu Theil wird, muss es abhängen, ob wir in dem Begonnenen fortfahren.

Der Vorrath an Photogrammen, den Prof. Benecke in rastlosem Eifer vermehrt hat, wird durch Dasjenige, was diese 15 Tafeln enthalten, bei Weitem nicht erschöpft und es lag zuerst in unserer Absicht, sämmtliche Bilder zu veröffentlichen, um insbesondere die Varianten eines und desselben Processes neben einander zum Ausdruck zu bringen. Es hat sich gezeigt, dass innerhalb einer Art die Schwankungen in den frühesten Perioden grössere sind, als in den späteren. So variirt die Anlage des Primitivstreifs beim Vogel, die Ausdehnung und Form der Primitivrinne, der Process des Schlusses der Rückenwülste zum Nervenrohr in höherem Grade, als es an den späteren Vorgängen beobachtet wird. Ohne Zweifel hätte der wissenschaftliche Werth der Sammlung gewonnen,

wenn die innerhalb der Norm des Entwickelungsprocesses auftretenden Variationen neben einander zur Darstellung gekommen wären.

Indessen standen der Ausführung dieser Absicht pecuniäre Hindernisse im Wege und wir sind der Leopoldinisch-Carolinischen Akademie für die bereitwillig gewährte Hilfe, durch die eine theilweise Realisation des Planes ermöglicht wird, zu hohem Danke verpflichtet.

Es galt also sich zu beschränken. Was hier geboten wird, stellt im Flächenbilde die Entwickelung zweier Vögel bis zu einem Zeitpunkte dar, der der Mitte des dritten Brüttages beim Hühnchen entspricht und umfasst somit die fundamentalen Vorgänge, die etwa im ersten Hauptabschnitte der Entwickelungsgeschichte von Kölliker abgehandelt werden. Die Auswahl der Bilder wurde derart bemessen, dass Schritt für Schritt die eng auf einander folgenden Stadien durch parallele Darstellungen vom Huhn und vom Sperling repräsentirt sind und somit die Gelegenheit zu eingehender Vergleichung geboten wird. Es ergaben sich dabei nur unwesentliche Differenzen, wie es bei der einheitlich in sich abgeschlossenen Gruppe der Carinaten kaum anders zu erwarten stand, doch war es immerhin Aufgabe der Forschung, den Grad dieser Congruenz zu ermitteln. Einige der Bilder vom Sperling werden aber auch dem Embryologen, der mit dem Hühnchen durchaus vertraut ist, Neues und Interessantes bringen, so insbesondere die Figg. 4—8, die Anschlüsse an die Verhältnisse bei den Reptilien bieten.

Ausser den Vögeln haben sich unsere Vorarbeiten auf Knochenfische und Reptilien erstreckt, und wir hoffen binnen Kurzem im Stande zu sein, den Entwickelungsgang auch dieser Klassen in mehreren Repräsentanten in gleich continuirlicher Weise zur Darstellung bringen zu können, vorausgesetzt, dass sich die Mittel hierzu finden. —

Königsberg, im März 1879.

C. Kupffer.

Methode.

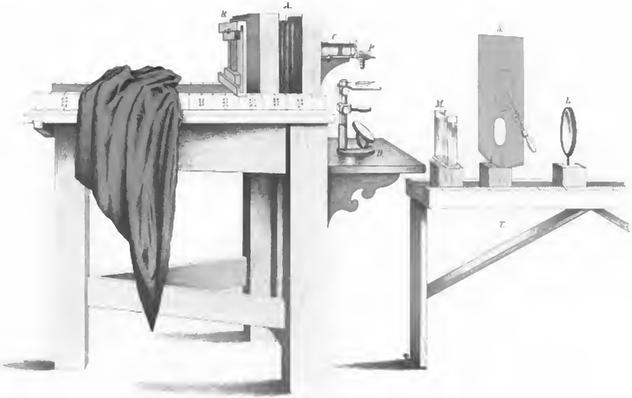
Indem wir mit der vorliegenden Serie zum ersten Male die Veröffentlichung einer grösseren Sammlung embryologischer Mikrophotogramme beginnen, dürften einige Worte über die bei der Herstellung der Präparate und der Bilder angewandten Methoden und Apparate nicht überflüssig erscheinen.

Vor allen Dingen haben wir uns bemüht, die Objecte vor jeder, bei der Präparation nur zu leicht vorkommenden, Formveränderung zu bewahren und ihnen gleichzeitig eine für die photographische Aufnahme günstige Färbung zu geben. Durch Anwendung der Osmiumsäure ist uns dies sehr gut gelungen. Der Dotter des geöffneten Eies wird durch behutsames Uebergiessen aus einer in die andere Eischaalenhälfte von allem Eiweiss, auch der innersten consistenteren Schicht, vollkommen befreit und dann in einen mit $^1/_{10}$procent. Osmiumsäurelösung gefüllten Eierbecher gebracht, in dem er schwimmt und die Embryonalseite sofort nach oben wendet. Für die kleineren Sperlingseier wurden statt der Eierbecher ganz kleine halbkugelige Porzellanschaalen benutzt. Wenn die Keimscheibe oder Embryo und Area opaca anfangen sich lichtgrau zu färben, d. h. etwa nach 10 Minuten langer Einwirkung, wird die Osmiumsäure durch Aufsaugen mit der Pipette entfernt und durch verdünnten Alkohol von 0,955 spec. Gew. ersetzt. Derselbe muss mehrmals gewechselt werden, um jede Spur der Osmiumsäure zu entfernen, die sonst eine zu dunkle Färbung bewirken würde. Nach $^1/_4$ bis $^1/_2$stündigem Verweilen

in dem verdünnten Alkohol wird die Keimhaut mit einer spitzen Scheere umschnitten und steigt nun, sich vom Dotter ohne mechanische Mithilfe leicht ablösend, mit dem ihr noch anhaftenden kreisförmigen Ausschnitt der Dotterhaut sofort an die Oberfläche der Flüssigkeit. Mittelst eines tiefen Hornlöffels wird sie schwimmend in einen Teller mit destillirtem Wasser übertragen, in dem die Dotterhaut meistens augenblicklich sich ablöst und der Ventralseite etwa noch anhaftende Dotterpartikelchen schnell abfallen. Die so gereinigte Keimhaut wird dann wieder mit einem Löffel in ein Glasschälchen mit planem Boden übertragen und ist, schwimmend und ohne Bedeckung, zur photographischen Aufnahme bereit.

Der Apparat, welcher sich zur Aufnahme derartiger Objecte am besten eignet, ist in der nebenstehenden Figur dargestellt. Auf einem massiven Tische von ca. 1 m Länge ist eine Balgcamera A befestigt, die nach Bedürfniss ganz zusammengeschoben oder bis auf ca. $^1/_2$ m Länge ausgezogen werden kann. Bei B befindet sich die matte Glastafel, auf welcher die Bilder aufgefangen werden. Vorne trägt die Camera ein innen geschwärztes Rohr C, in dem ein total reflectirendes rechtwinkeliges Glasprisma P befestigt ist, dessen Fassung an der unteren horizontalen Fläche das Gewinde für die Objective enthält. Auf der höher oder tiefer stellbaren Console D ist das Stativ eines einfachen Mikroskopes befestigt, dessen grosser Planspiegel frei drehbar und dessen Objecttisch durch Zahn und Trieb in verticaler Richtung verstellbar ist. Unter dem Objecttische ist eine Diaphragmenscheibe mit Oeffnungen von verschiedener Weite und eine fein mattirte Glasplatte angebracht, welche nach Bedürfniss die Oeffnung des Tisches deckt oder freilässt.

Der Spiegel des Simplex erhält Sonnenlicht von einem im Freien aufgestellten Hartnack'schen Heliostaten, der so zuverlässig arbeitet, dass man sich während des ganzen Tages um seine Stellung nicht zu bekümmern braucht. Von den auf dem Tische des Simplex befindlichen Objecten entwirft nun das darüber stehende Objectiv mit Hilfe des Prismas auf der bei B befindlichen matten Glastafel Bilder, die durch Heben oder Senken des Objecttisches leicht scharf eingestellt werden können, und wegen der Reflexion durch das Prisma nicht verkehrt, sondern in aufrechter Stellung erscheinen. Die Grösse der Bilder ist natürlich bei Anwendung desselben Objectives um so beträchtlicher, je weiter die auffangende Glastafel von dem Prisma ent-



Zur Abhandlung von C. Kupffer und B. Benecke.

Nova Acta Acad. C. L. C. G. Nat. Cur. Vol. XLI. Pars I. N.ro 3.

fernt ist. Der Bequemlichkeit halber sind die bei verschiedener Länge der Camera für jedes Objectiv gemessenen Vergrösserungen auf dem Rande der Tischplatte notirt. Bei meinem Apparate schwankt je nach der Länge der Camera die Vergrösserung der Hartnack'schen Objective:

I.	von	9	bis	18,
II.	„	14	„	30,
III.	„	22	„	40,
IV.	„	34	„	60.

Stärkere Objective werden für die Aufnahme embryologischer Gesammtbilder schwerlich mit Vortheil in Anwendung gezogen werden können, schwächere Vergrösserungen von 2 bis 8 lassen sich durch Benutzung der oberen Linse von Hartnack's System I leicht und gut herstellen, zu Aufnahmen in natürlicher Grösse und zu Verkleinerungen können die kleinsten Steinheil'schen Aplanate von 7 und 11‴ Oeffnung vortheilhaft angewandt werden.

Sehr zweckmässig ist es, die Oeffnung der mikroskopischen Objective durch eine auf die obere Linse des Systems gelegte, gut centrirte Blendungsscheibe von 2—3 mm Oeffnung zu verkleinern. Die Bilder verlieren dadurch nur wenig an Lichtstärke, gewinnen aber durch die Beseitigung der Randstrahlen ausserordentlich an Schärfe.

Trotz der gegentheiligen Behauptungen so mancher Personen, die mit der gelegentlichen Aufnahme einiger Spinnenbeine, Fliegenaugen, Diatomeen, Blutkörperchen und Pflanzenschnitte Grosses in der Mikrophotographie zu leisten glauben, ist die Anwendung des diffusen Tageslichtes, sowie des gewöhnlichen, nicht concentrirten Sonnenlichtes für Diejenigen, welche die Photographie als ein werthvolles bequemes und tägliches Hilfsmittel bei ihren Untersuchungen verwenden wollen, durchaus unbrauchbar. Ich weiss aus meiner nunmehr bald 20jährigen Praxis in der Mikrophotographie sehr wohl, dass es möglich ist, sowohl mit diffusem Tageslicht, wie mit nicht concentrirtem Sonnenlicht unter Umständen ganz vortreffliche Bilder zu erhalten. Wer aber die Mikrophotographie nicht als eine angenehme Unterhaltung in Mussestunden, sondern als Hilfsmittel bei der Arbeit anwenden will, wird sich nicht darauf einlassen können, viele Stunden auf die Einstellung und Aufnahme äusserst lichtschwacher Bilder zu verwenden, wenn es bei der Anwendung concentrirten

Sonnenlichtes möglich ist, mit viel grösserer Leichtigkeit bessere und zahlreichere Aufnahmen in ebenso vielen Minuten zu erhalten.

Für die Stellung der Beleuchtungslinsen lassen sich allgemein giltige Regeln allerdings nicht angeben, verschiedene Arten von Objecten müssen in verschiedener Weise beleuchtet werden, um brauchbare Bilder zu liefern; die kugligen Fischeier erfordern eine ganz andere Stellung der Linsen, als die flächenförmig ausgebreiteten Präparate der vorliegenden Tafeln, schwache Objective eine andere als stärkere, oft ist es zum guten Gelingen erforderlich, das concentrirte Sonnenlicht durch die unter dem Objecttische angebrachte matte Glasplatte zu zerstreuen. Immerhin wird man mit Hilfe der folgenden Angaben durch wenige Versuche die jedesmal zweckmässige Beleuchtungsweise leicht ermitteln können.

Vor dem die Camera tragenden Tische befindet sich ein niedrigeres Gestell F, auf dem eine Panoramenlinse von ca. 1,50 m Brennweite sich in einer Schlittenführung vor und rückwärts verschieben lässt, so dass ihr Brennpunkt gerade auf den Spiegel des Simplex oder davor oder dahinter fällt. Im ersten Falle werden also parallele, im zweiten divergente, im dritten convergente Strahlen von diesem Spiegel ausgehen. Die Richtung derselben kann durch Einschaltung von Linsen von 3—10 cm Brennweite zwischen Spiegel und Objecttisch, die mittelst eines durch Zahn und Trieb verstellbaren Linsenträgers dem Objecttisch mehr oder weniger genähert werden können, erheblich modificirt werden. Im Allgemeinen wird man bei Anwendung schwacher Objective auch unter dem Objecttisch schwächere Beleuchtungslinsen benutzen und dieselben dem Object mehr nähern müssen, als im anderen Falle.

Um die durch die Concentration des Sonnenlichtes erzeugte Hitze von den Präparaten und Objectiven abzuhalten, ist eine mit gesättigter Alaunlösung gefüllte, aus Spiegelglasplatten zusammengesetzte Cuvette von ca. 3 cm Dicke bei M aufgestellt, auch kann man noch auf den unter dem Objecttisch befindlichen Linsenträger eine plan-parallel geschliffene Alaunplatte legen, ohne die chemische Intensität des Lichtes erheblich zu verringern.

Bei S befindet sich ein undurchsichtiger Schirm, um das Sonnenlicht von dem photographischen Apparat abzuhalten. Seine in der Bahn der vom Heliostaten kommenden Lichtstrahlen gelegene Oeffnung wird durch eine von selber zufallende Klappe geschlossen, die mittelst eines Hebels geöffnet und

durch Vorschieben eines Riegels auch dauernd offen gehalten werden kann. Das wenige diffuse Licht, welches, so lange diese Klappe geschlossen ist, durch die enge Oeffnung des mikroskopischen Objectives in den Apparat eindringen kann, ist viel zu schwach, um selbst in langer Zeit irgend eine Wirkung auf die empfindliche Platte zu äussern.

Der ganze Apparat kann dauernd in Bereitschaft stehen bleiben, nur der Heliostat muss täglich vom Diener aufgezogen, aufgestellt und gerichtet werden, eine Arbeit, die kaum 5 Minuten in Anspruch nimmt.

Zur Sensibilisation der Glasplatten und zum Entwickeln der Bilder dienen zwei Dunkelzelte in der Grösse und Form gewöhnlicher Schränke, die aus schwarzem über Holzrahmen gespanntem Zeuge bestehen, in das an geeigneter Stelle ein etwa fussgrosses Fenster von doppeltem gelben Wachstaffet eingenäht ist.

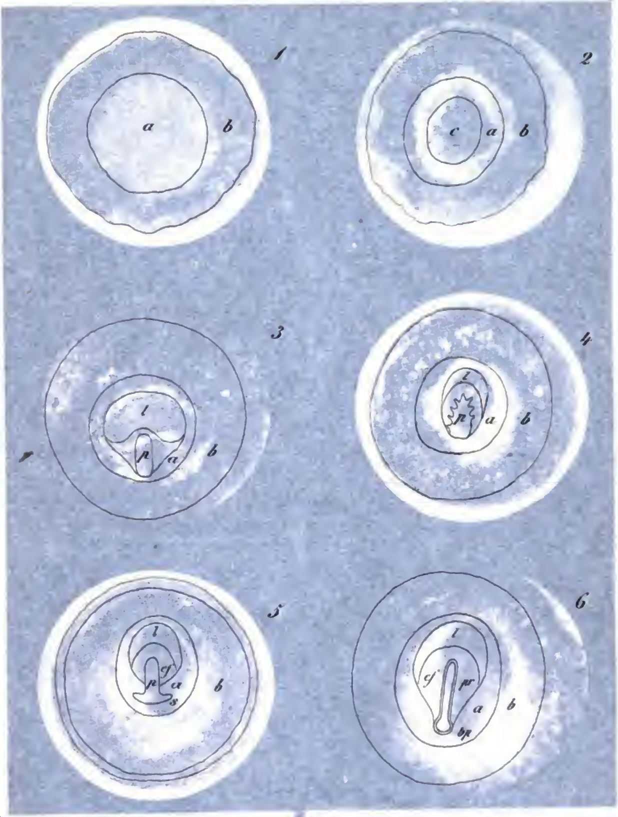
In dem einen Zelte sensibilisirt der Diener die Glasplatten, die er für jeden Tag in genügender Menge vorher zu putzen hat. Nachdem ich das Präparat auf den Objecttisch gebracht, scharf eingestellt und die Klappe bei S geschlossen habe, schiebt er die Cassette mit der empfindlichen Platte bei B an Stelle der Einstellscheibe und zieht den Cassettenschieber auf. Durch Oeffnung der Klappe lasse ich das Sonnenlicht 1 bis 30 Secunden einwirken und schliesse dann wieder, der Diener schiebt die Cassette in die zweite, nachher eventuell in die dritte Stellung, da ich Platten anwende, auf denen gleich 2—3 Aufnahmen desselben Objectes nach einander gemacht werden können. In längstens 2 Minuten sind diese drei Aufnahmen gemacht, der Diener schliesst die Cassette, reicht sie mir in das zweite Dunkelzelt und setzt die Einstellscheibe wieder an ihren Platz. In ca. 5 Minuten sind die Bilder hervorgerufen, gekräftigt und fixirt, die Platte braucht nur noch getrocknet und gefirnisst zu werden, um einem beliebigen Photographen zur Herstellung von positiven Papierbildern übergeben werden zu können. Mit Hilfe des geschulten Dieners ist es mir ganz leicht, an einem Vormittage bei beständigem Sonnenlicht gute Aufnahmen von 20—30 verschiedenen embryologischen Objecten zu erhalten, die ohne Weiteres Drucke von der Qualität der vorliegenden Tafeln liefern können.

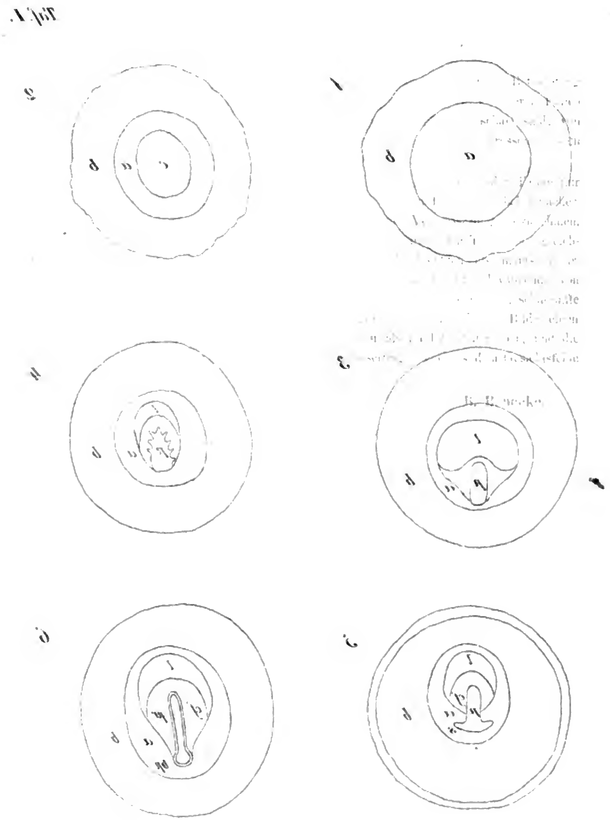
Die von uns adoptirte Grösse der Bilder scheint mir für gewöhnliche Verhältnisse vollkommen zu genügen. Mit so kleinen photographischen Glas-

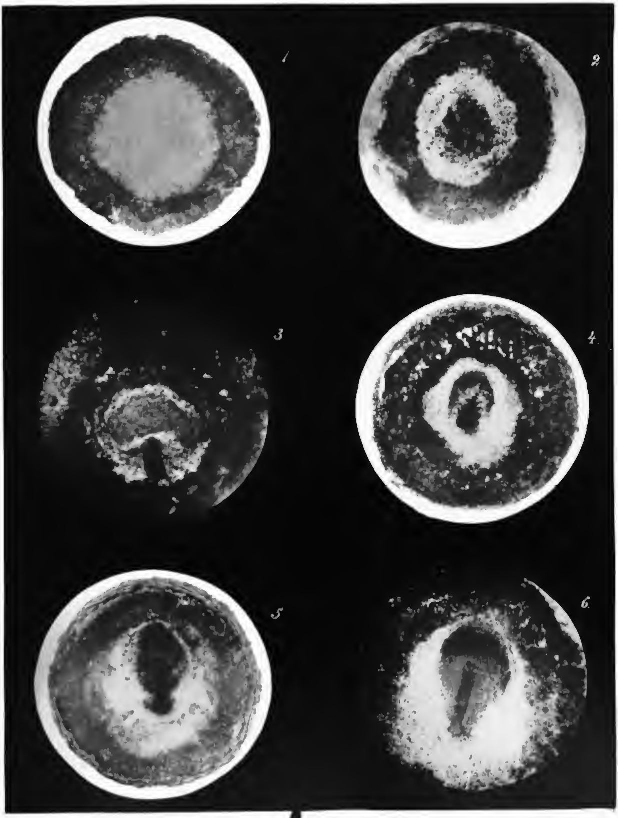
platten zu operiren, ist weder schwierig, noch kostspielig. Für die Betrachtung in der Nähe ist die Grösse der Bilder ausreichend und in besonderen Fällen kann man seine kleinen Negative, wenn sie nur gut und scharf sind, von einem tüchtigen Photographen, der gewohnheitsgemäss mit grossen Platten arbeitet, sehr wohl um das 6—10fache vergrössern lassen.

Wir hatten eigentlich die Absicht, die Bilder der folgenden Tafeln nur in zwei verschiedenen Vergrösserungen, die ganzen Embryonen bei 10facher, die vorderen oder hinteren Hälften bei 20facher Vergrösserung aufzunehmen. Indessen erwies sich das theils wegen der sehr variirenden Totalgrösse gleichaltriger Embryonen, theils aus ästhetischen Rücksichten als unausführbar. Wir wären sonst mitunter genöthigt gewesen, Kopf und Schwanzende von Embryonen an den äussersten Rand des Gesichtsfeldes zu bringen, schadhafte oder schmutzige Stellen der Keimhaut mit abzubilden, die im Bilde einen sehr viel unangenehmeren Eindruck machen als im Präparat selber, und die durch eine geringe Steigerung der Vergrösserung leicht aus dem Gesichtsfelde eliminirt werden konnten.

B. Benecke.


1
a
b
2
c
a
b
3
l
p
a
b
4
l
p
a
b
5
l
cf
p
a
s
b
6
l
cf
pr
a
b
bp





Kupffer u. Benecke Zur Ontogenie der Vögel Taf. I

Erklärung der Tafeln.

Tafel 1. (I.)

Bildung der Fruchthöfe. Primitivstreif. Lunula. Sichel. Prostoma.

Fig. 1. Huhn. $\frac{12}{1}$.

Blastoderm (Keimscheibe) nach 3stündiger Bebrütung, mit dickerer undurchsichtiger Randzone, area opaca, b, dünnerer mehr durchscheinender Mitte, area pellucida, a.

Die Keimscheibe besteht zu dieser Zeit, wie Durchschnitte ergeben, aus einem über die ganze Ausdehnung sich erstreckenden oberen Keimblatte, dem Ectoderm, und einem in Bildung begriffenen unteren Keimblatte, dem Entoderm. Im Bereich der dunklen Randzone liegt das Ectoderm auf einem Wall von weissem Dotter, dem Keimwalle. Durch diesen Dotterwall wird die Verdicknng der Randzone bewirkt. Das Entoderm hat eine geringere Ausdehnung als das Ectoderm, es erreicht etwa die äussere Grenze der Area pellucida oder erstreckt sich nur wenig in den Bereich der Area opaca hinein.

Fig. 2. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Blastoderm, mit nicht ganz intactem Rande, ein wenig weiter in der Entwickelung vorgeschritten als in Fig. 1. Die Scheidung der beiden Fruchthöfe des dunklen, area opaca, b, und des hellen, area pellucida, a, prägt sich deutlich aus. Die Mitte der Area pellucida wird von einem dunklen Felde eingenommen, dem Schilde oder Embryonalschilde, c.

Der Einzige, der ein dem hier vorliegenden entsprechendes Bild giebt, ist Dursy [1]). Es findet sich dieses Stadium constant als Vorläufer desjenigen, worin der Primitivstreif auftritt.

---

[1]) Emil Dursy, der Primitivstreif des Hühnchens. Lahr 1867. Taf. I, Fig. 1. b.

Dass dieser centrale, minder durchsichtige Kreis es ist, der von den älteren Autoren als „Schild“ oder „Embryonalschild“ aufgeführt wird, ist zum mindesten sehr wahrscheinlich. Baer[1]) spricht von einem Schilde in der Mitte des Fruchthofes, in welchem der Embryo gegeben sei. Remak[2]) sagt, das Centrum der Keimscheibe verdicke sich und werde undurchsichtig. Die verdickte und undurchsichtige Stelle erstrecke sich bis in die Nähe der Grenze des Fruchthofes (area pellucida) und habe gleich diesem eine kreisförmige Begrenzung. Auf diese Verdickung wendet auch er den Ausdruck „Schild“ an. Der Schild solle doppelt sein, es solle oberes und mittleres Keimblatt daran participiren. Dursy zeichnet und beschreibt diesen Embryonalschild ganz entsprechend diesen älteren Darstellungen und lässt denselben aus dem oberen und mittleren Keimblatte bestehen.

In gleicher Weise äussern sich Foster und Balfour[3]) über diese Bildung: a slight ill-defined opacity or loss of transparency, which makes its appearance in about the middle of the pellucid area. This is known as the embryonic shield.

Weiter sagen diese Forscher[4]), die Zellen, die das mittlere Keimblatt, mesoblast, bildeten, entstünden zuerst im Centrum der Area pellucida und später in der Peripherie. Darnach zu schliessen nehmen sie an, dass die Erscheinung des Schildes durch das Auftreten des mittleren Keimblattes bedingt sei. Indessen hatte Hensen[5]) schon vor längerer Zeit gegen Remak dargethan, dass ein mittleres Blatt nicht vor dem Auftreten der Primitivrinne sich zeige.

Diese Berichtigung hat sich als ganz zutreffend erwiesen. Wenn ich die Bezeichnung „Schild“ für die centrale dunkle Scheibe in Fig. 2 beibehalte, so schliesse ich mich damit nicht der Auffassung von Remak, Foster und Balfour an, als handelte es sich hier bereits um ein mittleres Blatt, Mesoderm. Die dunkle Scheibe ist durch eine centrale Verdickung des Ectoderms bedingt, dessen Zellen im Bereich des Schildes Cylinderform annehmen, während sie gegen die Peripherie hin platt sind.

Ich befinde mich in Verlegenheit gegenüber einem neuerdings von W. His[6]) gegebenen Bilde einer Keimscheibe vor dem Auftreten des Primitivstreifs, in welcher sich eine excentrisch gelegene, die Area opaca angeblich hinten tangirende dunkle

---

1) Baer, Ueber Entwicklungsgesch. der Thiere. Thl. II, pag. 69.

2) Remak, Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere. Berlin 1855, pag. 7, § 10.

3) The Elements of Embryology. London 1874, pag. 44.

4) Ibidem pag. 45.

5) Zur Entwicklung des Nervensystems, Virch. Arch. Bd. 30, 1864, pag. 177.

6) Neue Untersuchungen über die Bildung des Hühnerembryo. Arch. f. Anat. und Physiol., Anat. Abtheilung pag. 124, Fig. 2. 1877.

Scheibe innerhalb der Area pellucida findet. Diese Scheibe bezeichnet His als Embryobezirk. Hiermit übereinstimmend hat derselbe[1]) bereits früher angegeben, dass im ersten Stadium sich ein im durchfallenden Lichte etwas dunklerer nach vorn abgerundeter Fleck ohne scharfe Umgrenzung, der Lunula eines Fingernagels vergleichbar, vom hinteren Rande der Area pellucida aus bis über deren Centrum vorschiebe, diesen Fleck nannte er damals Keimzone. His scheint also einen central in der Area auftretenden Schild nicht anzunehmen, während uns unter Hunderten von Präparaten ein Bild, wie das von ihm mitgetheilte, weder beim Huhn, noch beim Sperling aufgestossen ist.

Fig. 3. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Area pellucida mit der ersten Anlage des Primitivstreifs, p.

Der dunkle breite Balken, der von der Grenze der Area pellucida ausgehend in diametraler Richtung in dieselbe hineinragt und das Centrum beinahe erreicht, der Primitivstreif — Axenstreif His —, bestimmt die Axenrichtung des Embryo und entsteht durch Verdickung und enge Vereinigung der beiden primären Keimblätter, des Ectoderm und Entoderm in diesem Bereich. Innerhalb dieses Streifs beginnt die Bildung des Mesoderms oder mittleren Keimblattes und schreitet von hier aus seitlich, nach vorn und hinten fort. Nach dem Erscheinen des Primitivstreifs gestaltet sich also die bisher zweiblättrige Keimscheibe zur dreiblätterigen. Das der Grenze des hellen Fruchthofes nahe liegende Ende des Primitivstreifs entspricht dem hinteren Ende des künftigen Embryo. Auf diese Lage desselben jetzt bereits Bezug nehmend, können wir also die Hälfte des Fruchthofes, in welcher sich der Primitivstreif findet, als die hintere, die andere als die vordere bezeichnen.

Das Präparat war nicht gut und das Bild lässt daher viel zu wünschen übrig, wir bringen es aber neben dem nächstfolgenden, um die verschiedenen Erscheinungsweisen des Primitivstreifs zu illustriren.

Der Primitivstreif erstreckt sich hier beinahe bis zur Area opaca. Ganz bis zur Area opaca oder in dieselbe hinein reichend, haben wir diese Bildung beim Sperling nie angetroffen. Beim Huhn sieht man dieses Verhältniss bisweilen. Nach Gasser[2]) soll es bei der Gans häufiger der Fall sein. Indessen ist dabei stets zu berücksichtigen, dass die Grenzen der Fruchthöfe nicht scharfe sind und dass es von der Präparation abhängt, ob mehr oder weniger des weissen Dotters den Keimblättern bei Ablösung der Scheibe anhaftet. —

---

[1]) Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes. Leipzig 1868, pag. 61, Taf. XII, Fig. 1.

[2]) Der Primitivstreifen bei Vogelembryonen. Marburg 1878, pag. 10.

In der vorderen Hälfte der Area pellucida erkennt man in diesem Bilde deutlich ein dunkles Feld vor dem Primitivstreif, das man geneigt wäre, für den Schild zu halten (c, Fig. 2). In der hinteren Hälfte, seitlich vom Primitivstreif ist die Verdunkelung der Area weniger ausgeprägt. Man könnte meinen, der Schild wäre vorn dicker und damit undurchsichtiger geworden. Indessen ergeben successive von vorn nach hinten aufeinander folgende Schnitte durch die Keimscheibe des Sperlings, dass es sich anders verhält, der Schild des Ectoderms ist zu dieser Zeit im Bereich des Primitivstreifs dicker als vor demselben. — Ueberhaupt ist nach dem Erscheinen des Primitivstreifs der Schild in seinen Umrissen bei durchfallendem Lichte nicht mehr zu erkennen. Man erblickt das dunkle Feld auch in den Figg. 4, 5, 6 und Taf. 2, Fig. 7. Ich will es seiner Gestalt nach als Lunula (l) der Area pellucida bezeichnen und verzichte an diesem Orte auf den Versuch einer Erklärung dieser Erscheinung, da bei einem solchen Versuche eine eingehende Berücksichtigung der Querschnitte unentbehrlich wäre.

Fig. 4. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Das ganze Blastoderm mit dünn auslaufendem Rande. Die Area pellucida zeigt den Primitivstreif, p, in anderer Lagerung und Form als im vorigen Bilde, die Lunula, l, ist bedeutend kleiner, aber präciser hervortretend.

Besonders interessirt hier der Primitivstreif. Derselbe liegt fast central, ist hinten auffallend breit und beiderseits recht symmetrisch in Zacken ausgehend. Diese Zacken bringe ich mit der Entwicklung des Mesoderms in Beziehung, das vom Primitivstreif aus in einzelnen Strahlen vorwächst. An dem Blastoderm von Reptilien sieht man das Mesoderm in junger Anlage stets am Rande in Zacken ausstrahlen. —

Die beinahe centrale Lagerung des Primitivstreifs in der Area pellucida ist beim Sperlingsei eine häufig zur Beobachtung kommende, und zwar gerade in den ersten Momenten der Erscheinung dieser Bildung. Es stützt dieses Object also nicht die Anschauung von A. Rauber[1]), dass, wie beim Ei der Knochenfische, so auch an der Keimscheibe des Vogeleies, die erste Anlage des Embryo sich im Zusammenhange mit dem dickeren Randwulste des Blastoderms zeige.

Fig. 5. Sperling. $\frac{11}{1}$.

Das ganze Blastoderm, am Rande in einen dünnen, gefalteten Saum auslaufend, der nur vom Ectoderm gebildet wird. Die Area pellucida ist länger geworden. Die längere Axe fällt mit der Axe des Primitivstreifs zusammen. Die Lunula ist auch hier sichtbar. Der Primitivstreif ist schmäler und länger als in den beiden

[1]) Medic. Centralblatt 1874, pag. 786. — Morphol. Jahrb. Bd. II, 1876, Taf. 38, Fig. 14.

vorigen Bildern. An seinem hinteren Ende erscheint derselbe quer verbreitert und in zwei Hörner ausgezogen, die zusammen eine Sichelform darbieten. Diese Bildung will ich als Sichel (s) des Primitivstreifs bezeichnen.

Eine ähnliche Sichel findet sich an entsprechender Stelle in der Keimscheibe von Reptilieneiern [1]) und ist bereits bei der Beschreibung dieser darauf hingewiesen worden, dass das Sperlingsei fast constant eine solche Sichel darbietet. Noch deutlicher als in der vorliegenden Fig. 5 gewahrt man die Sichel in Fig. 7 der Taf. II. Untersucht man diese Stelle an Schnitten durch die Keimscheibe von Eidechsen oder Schildkröten, so findet man das Ectoderm hier gewulstet, aber zugleich unterhalb desselben das Mesoderm in Form der Sichel, derart, dass der hintere convexe Rand der Sichel zugleich die hintere Grenze des Mesoderms abgiebt. Darnach meine ich, dass auch hier beim Sperling das Bild der Sichel nicht sowohl durch die Verdickung des Ectoderms, als vielmehr durch einen darunter gelegenen stärkeren Streifen von Mesoderm bedingt ist.

Fig. 6. Sperling. $\frac{17}{1}$.

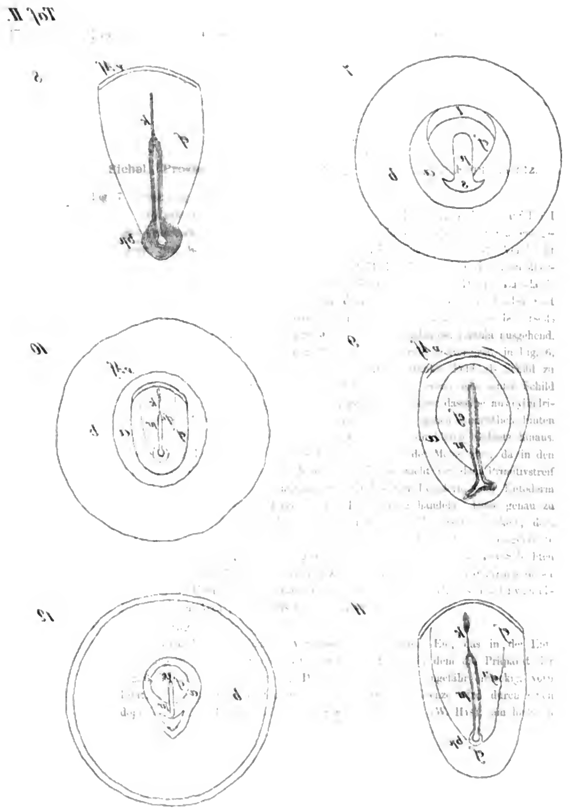
Der Primitivstreif zeigt in seiner Axe eine hellere Linie, die erste Andeutung der Primitivrinne (Reichert [2]). Die Sichel ist nicht zu sehen, dagegen sieht man das hintere Ende knopfartig angeschwollen. Die Mitte des Knopfes ist hell. Diese letztere Erscheinung ist durch eine an dieser Stelle stattfindende Einstülpung des Ectoderms gegen den Dotter bedingt. Ich fasse diese Einstülpung auf Grund der Erfahrungen an den Keimscheiben von Reptilien als Gastrulaeinstülpung auf und bezeichne demnach die Mündung der Einstülpung als Prostoma, Haeckel [3]) (bp. Blastoporus anderer Autt.).

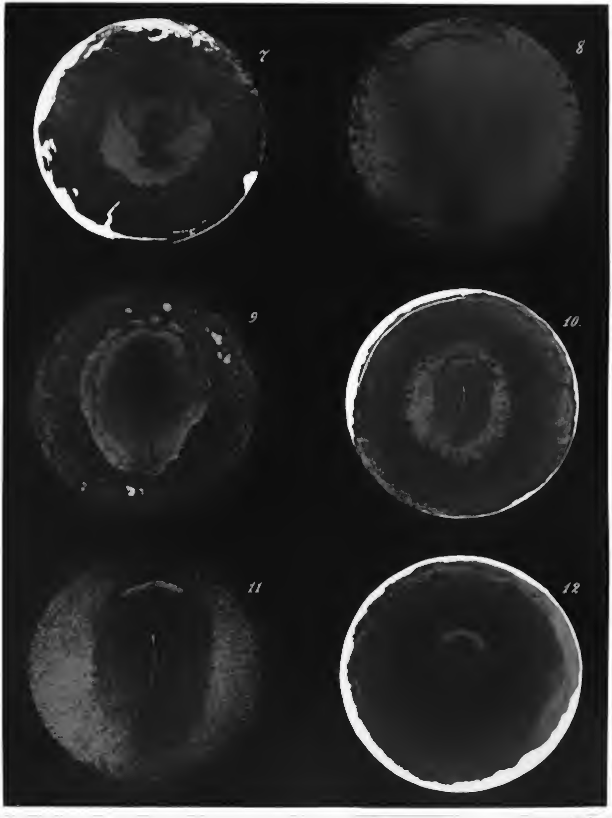
---

[1]) Die ersten Entwicklungsvorgänge am Ei der Reptilien. Von C. Kupffer und B. Benecke. Königsberg, Hartung 1878, p. 6 u. 7.

[2]) Entwicklungsleben im Wirbelthierreich, pag. 105.

[3]) Biologische Studien, 2. Heft, pag. 17. Jena 1877.





Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 2.

Ende findet sich eine Oeffnung, das Prostoma, von einem gewulsteten Rande umgeben. Das Bild der Sichel ist verschwunden, an Stelle derselben erscheint die verdickte Umgebung des Prostoma als Endknopf. Von diesem Knopf aus erstreckt sich nach vorn, in der Axenrichtung verlaufend, der Primitivstreif mit der Primitivrinne. Es ist deutlich zu sehen, dass die Rinne in das Prostoma mündet.

Vor dem mit der Rinne versehenen Primitivstreif findet sich ein medianer dunkeler Strich, der von dem Primitivstreif abgesetzt ist, der Kopffortsatz des Primitivstreifs nach Kölliker[1]). Dursy[2]) bildet denselben gleichfalls ab und deutet den Strich als Chorda dorsalis.

Fig. 9. Huhn. $\frac{15}{1}$.

Brütdauer circa 18 Stunden. Das Präparat entsprach nicht den gewöhnlichen Verhältnissen, indem der Primitivstreif sich hinten in zwei lateralwärts gekrümmte Schenkel spaltet, die zusammen ungefähr das Bild der Sichel an der Keimscheibe des Sperlings wiedergeben. Die Primitivrinne setzt sich auf diese beiden Schenkel fort.

Dursy[3]) giebt ein ganz ähnliches Bild, aber aus späterem Stadium.

Beim Huhn sowohl wie beim Sperling haben wir diese Spaltung nicht selten angetroffen.

Am hinteren Ende des Primitivstreifs erfolgt auch beim Huhn eine Einstülpung des Ectoderms, indessen in geringerem Umfange als beim Sperling, das Prostoma ist schwer zu finden und scheint sich bald zu schliessen.

Fig. 10. Sperling. $\frac{8}{1}$.

Das ganze Blastoderm mit dem dünnen, nur vom Ectoderm gebildeten Saum.

In der area pellucida liegt scharf begrenzt das ovale Embryonalfeld, am vorderen Rande durch die doppelconturirte vordere Aussenfalte gesäumt, hinten über den Primitivstreif weit hinausragend. Innerhalb des Embryonalfeldes prägt sich ein engerer Bezirk aus, der durch zwei Linien begrenzt wird, die gegen das hintere Ende des Primitivstreifs convergiren. Diesen inneren Bezirk des Embryonalfeldes (ef') scheide ich demnach von dem Aussenbezirk (ef).

Fig. 11. Sperling. $\frac{20}{1}$.

Dasselbe Präparat, wie in Fig. 10. Embryonalfeld stärker vergrössert. Innenbezirk und Aussenbezirk desselben sind gut zu unterscheiden. Die scharf ausgeprägte Primitivrinne läuft am hinteren Ende in eine mässige Erweiterung aus; am vorderen Ende ist dieselbe gleichfalls etwas erweitert. An das Vorderende

---

[1]) Entwickelungsgesch. des Menschen und der höheren Thiere. 2. Aufl. Leipzig 1876, pag. 107, Fig. 37 und 38 pr'.

[2]) Dursy, Der Primitivstreif etc., pag. 38, Taf. I, Fig. 5 g.

[3]) Dursy, l. c. Tab. I, Fig. 9.

schliesst der Kopffortsatz an, der drei Abschnitte zeigt, einen hinteren knopfförmigen, der unmittelbar an das Ende der Primitivrinne sich anlehnt, einen dünnen, lineären mittleren und einen vorderen verbreiteten. Der mittlere dünne Theil ist jederseits durch einen hellen Strich eingefasst. Genau dieselben Verhältnisse zeigt auf dem entsprechenden Entwickelungsstadium der Kopffortsatz an der Keimscheibe des Huhns (vergl. Fig. 12).

Dursy ist der erste, der eine getreue Darstellung dieses Stadiums im Flächenbilde gebracht hat[1]).

Die drei Abschnitte des Kopffortsatzes, der hintere knopfförmige, mittlere lineäre und vordere verbreitete, werden in drei Abbildungen, die Götte[2]) bietet, in ihren respectiven Querschnitten gut dargestellt.

Fig. 12. Huhn. $\frac{5}{1}$.

Brütdauer 18 Stunden. Das ganze Blastoderm mit dünnem Saum, dem Entwickelungsgrade nach etwas jünger als das des Sperlings in Fig. 10. Von jenem unterscheidet es sich durch die für das Huhn charakteristische Birnenform der Area pellucida (a); das Embryonalfeld (ef) ist scheibenförmig. Die Primitivrinne mit dem Kopffortsatz zeigt die vom Huhn bereits seit Dursy's Beschreibung bekannten Verhältnisse, die mit denen beim Sperling übereinstimmen.

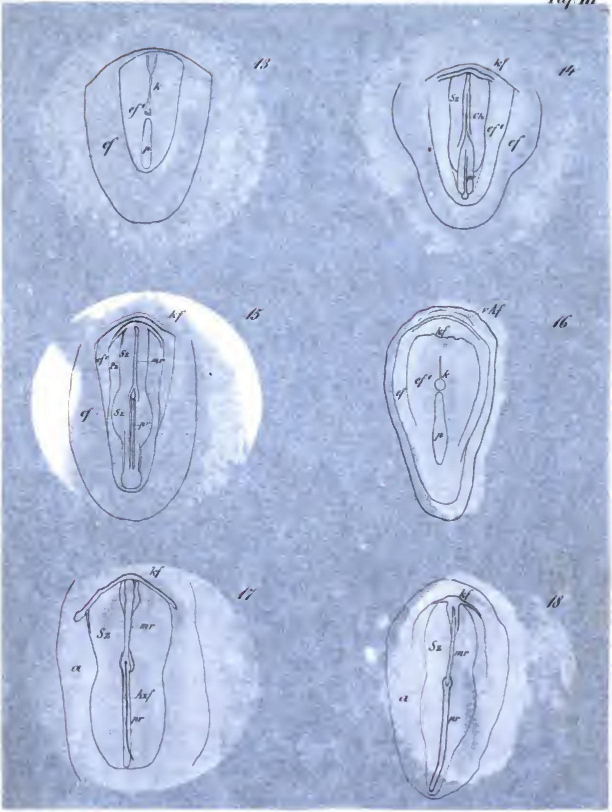
Das hintere zugespitzte Ende der birnenförmigen Area pellucida nennt His[3]) Zuwachsstück. Derselbe zeichnet auch die dunkle Sichel, die in unserer Fig. 12 am hinteren Ende des Primitivstreifs zu sehen ist. Es wirken hier mehrere Umstände zusammen, um das Bild der Sichel so ausgedehnt erscheinen zu lassen, ausser den schon oben bei Besprechung der Sichel des Sperlings hervorgehobenen Momenten noch das feste Anhaften von Dotter an die untere Fläche des Entoderms in dieser Region. —

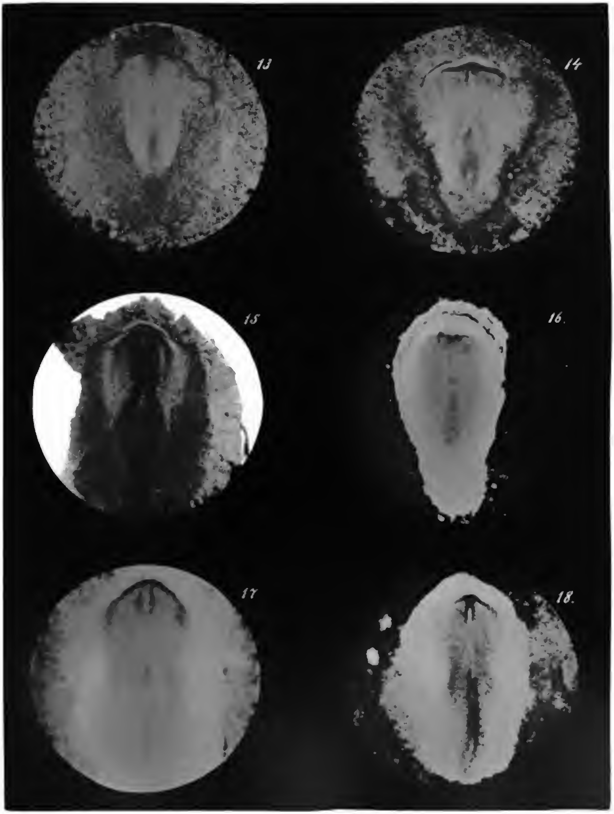
---

[1]) Der Primitivstreif etc. Taf. I, Figg. 4, 5.

[2]) Arch. f. microsc. Anat. Bd. X, 1874, Taf. XI, Figg. 21, 20, 19.

[3]) Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abtheil. 1877, pag. 119, Fig. 1.


13
k
cf'
cf
pr
kf
14
Sz
ch
cf'
cf
15
kf
Sz
mr
cf
16
vAf
kf
cf'
k
cf
pr
17
kf
Sz
mr
a
Axf
pr
18
kf
Sz
mr
a
pr



Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 3.

Tafel 3. (III.)

Vordere Keimfalte. Primäre Medullarrinne. Stammzone. Primitivrinne.

Fig. 13. Sperling. $\frac{15}{1}$

Das Embryonalfeld mit Primitivstreif und Kopffortsatz desselben, aber ohne Primitivrinne. Man trifft häufig Eier, die, bei sonst ganz normalen Verhältnissen, die Primitivrinne sehr schwach oder gar nicht entwickelt zeigen, nachdem der Kopffortsatz ausgebildet ist.

Vergleicht man dieses Bild mit dem in Fig. 10, so sieht man, dass die Sonderung in Innenbezirk (ef') und Aussenbezirk (ef) des Embryonalfeldes hier noch schärfer ausgeprägt ist. Ich kann hier gleich vorgreifend bemerken, dass in dem Aussenbezirk des Embryonalfeldes die ersten Blut- und Gefässbildungen auftreten, die demnach beim Sperling innerhalb der Area pellucida erscheinen. Der Kopffortsatz zeigt noch die drei Abschnitte, den hinteren knopfförmigen, mittleren lineären, vorderen verbreiteten.

Fig. 14. Sperling. $\frac{15}{1}$.

Embryonalfeld in weiterer Entwickelung und zwar im Momente der Begrenzung des Kopftheils des Embryo. Der quere dunkle Wulst im vorderen Theile ist bedingt durch die Erhebung der Keimhaut zu einer Falte, der Kopffalte (vorderen Keimfalte, His). Indem der Scheitel dieser Falte über das Niveau der Keimhaut sich nach vorn überlegt, erhält das Embryonalfeld vorn einen erhöhten freien Rand. Der von dem Entoderm ausgekleidete Hohlraum dieser Falte bildet die erste Anlage der vorn blind geschlossenen, hinten gegen den Dotter offenen Kopfdarmhöhle.

Am entgegengesetzten Ende des Bildes sieht man den Primitivstreif mit der Rinne. An den Primitivstreif schliesst sich in der Axenrichtung eine Linie an, die aus dem Kopffortsatz differenzirte Chorda dorsalis. Der helle Streifen, innerhalb welches die Chorda dorsalis erblickt wird, ist der Ausdruck einer Rinne, die ich mit Hensen[1]) primäre Medullarrinne nennen möchte. Dursy[2]) hatte dieselbe bereits abgebildet und als Rückenrinne bezeichnet.

---

[1]) Ztschr. f. Anat. u. Entwickelungsgesch. Bd. I, pag. 268.

[2]) Der Primitivstreif etc. pag. 46.

In dem Innenbezirk des Embryonalfeldes (ef') ist eine weitere Differenzirung erfolgt, indem zu beiden Seiten der Medullarrinne dunklere Platten auftreten, die von der Kopffalte bis zur Mitte des Primitivstreifs reichen, die beiden verdickten Seitenhälften der Stammzone (Sz) des Embryo (His). An der Bildung der Stammzone betheiligt sich das Ectoderm durch die Medullarplatten, das Mesoderm durch die Urwirbelplatten.

Fig. 15. Sperling. $\frac{15}{1}$.

Etwas späteres Stadium, als das vorige. Die Anlage des Embryo prägt sich scharf aus, vorn durch die bogenförmige Kopffalte (kf) begrenzt. Die Stammzone erscheint in der Mitte verschmälert, leierförmig. In der Axe zeigt dieselbe vorn die primäre Medullarrinne (mr), hinten den Primitivstreif mit der nur schwach angedeuteten Primitivrinne. Am vorderen Ende des Primitivstreifs findet eine Senkung gegen den Boden der Medullarrinne statt. Diese vertiefte Stelle erscheint im Flächenbilde fast regelmässig in der Form einer Kerzenflamme.

Im vorderen Theil der Embryonalanlage wird die Stammzone gesäumt durch die Parietalzone (Pz) (His). Die seitlichen Grenzlinien der Parietalzone nehmen ihren Ausgang von den lateralen Enden der Kopffalte. Es deckt sich die Parietalzone nicht mit dem Innenbezirk des Embryonalfeldes (ef'). —

Fig. 16. Taube. $\frac{16}{1}$.

Area pellucida mit Primitivstreif, Kopffortsatz und beginnender Bildung der Kopffalte, also dem Entwickelungsgrade nach zwischen den Bildern Fig. 13 und 14 des Sperlings stehend.

Man unterscheidet ferner die vordere Aussenfalte (v Af), den Aussen- und Innenbezirk des Embryonalfeldes. Abweichend von den Verhältnissen beim Sperling und auch beim Huhn ist die Erscheinung des Kopffortsatzes, insbesondere das kugelig angeschwollene hintere Ende desselben, das ähnlich in der Area embryonalis des Kaninchens sich zeigt und dort von Hensen[1]) als Knoten bezeichnet wird. Eigenthümlich ist ferner die unregelmässige Weise der ersten Begrenzung der Kopffalte, deren Scheitel in einzelnen Zacken vorspringt.

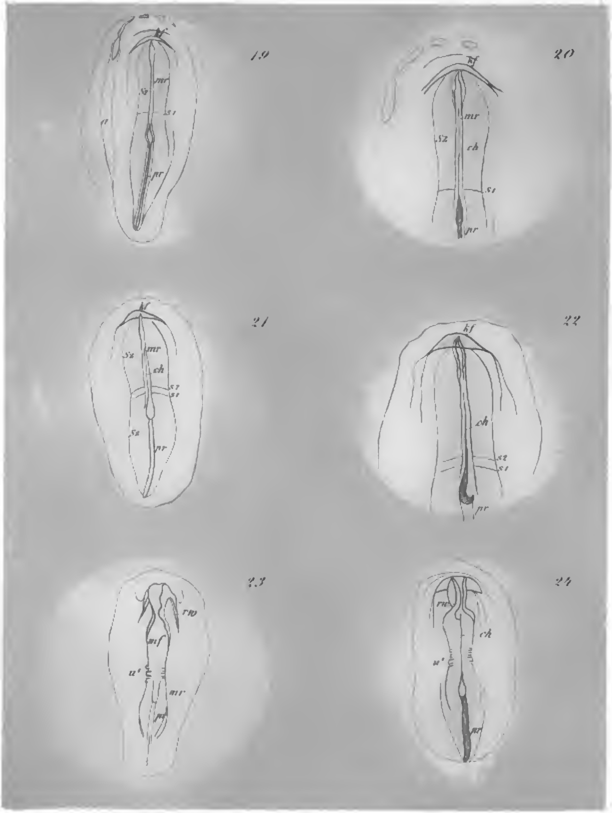
Fig. 17. Huhn. $\frac{18}{1}$.

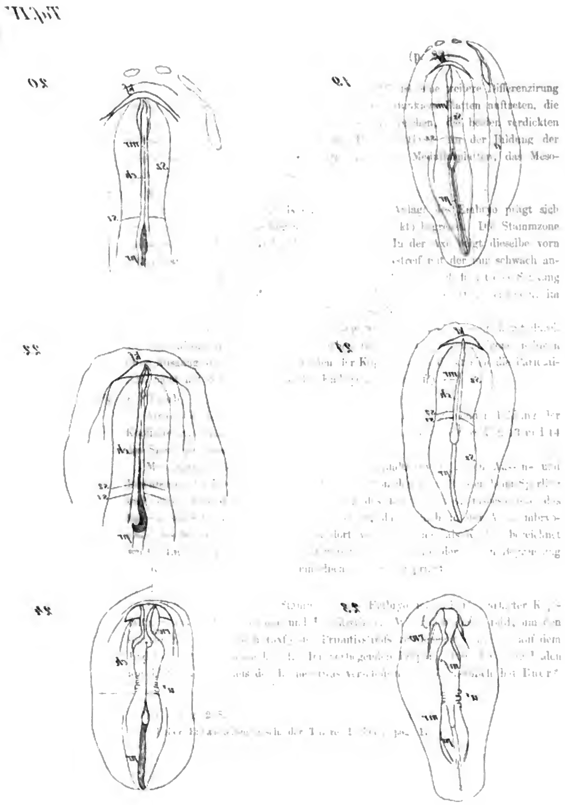
Brütdauer 22 Stunden. Stammzone des Embryo mit scharf markirter Kopffalte, primärer Medullarrinne und Primitivrinne. Wir geben dieses Bild, um den sogenannten Axenfaden (axf) des Primitivstreifs zu demonstriren, der auf dem Boden der Primitivrinne lagert. Im vorliegenden Präparat war der feine Faden am hinteren Ende aus der Rinne etwas verschoben. Wahrscheinlich hat Baer[2])

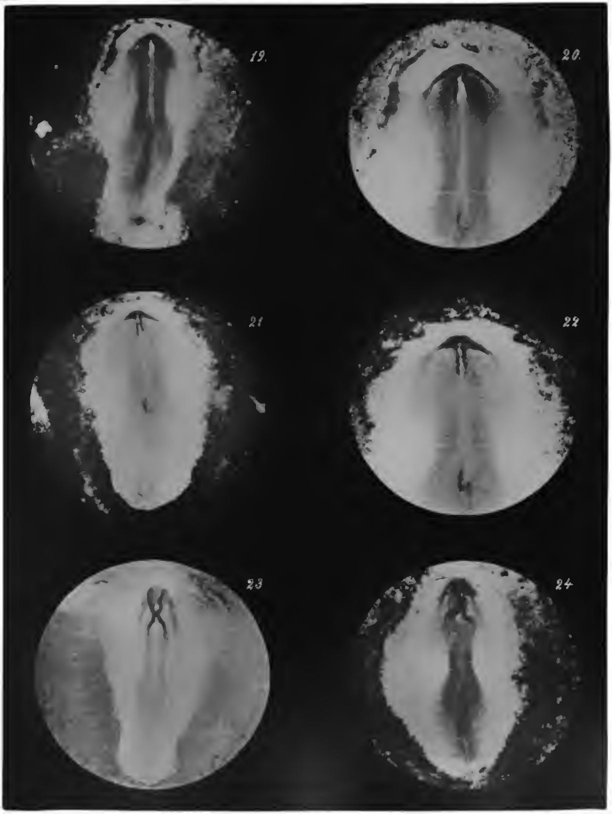
---

1) l. c. pag. 268.

2) Ueber Entwickelungsgesch. der Thiere. I. Theil, pag. 16.


19
kf
mr
Sz
s1
pr
20
kf
mr
Sz
ch
s1
pr
21
kf
Sz
mr
ch
s2
s1
Sz
pr
22
kf
ch
s2
s1
pr
23
rw
mf
u'
mr
pr
24
rw
ch
u'
pr





Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel Taf. 4.

diesen Faden schon gesehen, und als Chorda dorsalis aufgefasst. Dursy[1]) weist mit Recht diese Auffassung zurück, sieht das fragliche Gebilde aber doch „gleichsam als Vorläufer der Wirbelsaite" an und zeichnet den Faden constant in allen Figuren, die die Primitivrinne enthalten. Indessen hat der Faden durchaus nicht diese Bedeutung und sein Vorkommen ist keineswegs constant. Er besteht aus locker unter einander und mit dem Boden der Primitivrinne zusammenhängenden Partikeln, die Gasser[2]) für Dotterelemente erklärt. In der That sieht man häufig Dotterelemente in der Rinne aneinander gereiht liegen, doch habe ich in zwei Fällen die Substanz eines deutlich ausgebildeten Fadens nicht dem entsprechend angetroffen, die einzelnen Partikeln sahen mir eher nach atrophirenden Keimzellen aus. Es scheint mir möglich, dass es sich hier um irregulär abgeschnürte Elemente des Keims handelt, die sich in der Rinne ansammeln.

Fig. 18. Huhn. $\frac{12}{1}$.

Dauer der Bebrütung circa 22 Stunden. Area pellucida mit der Embryonalanlage kurz vor dem Auftreten der Segmentirung in den Urwirbelplatten. Die Deutung der Verhältnisse ergiebt sich aus den vorausgehenden Erläuterungen.

Tafel 4. (IV.)

Erster Spalt der Urwirbelplatten. Erstes Urwirbelpaar. Erhebung der Rückenwülste. Chorda dorsalis.

Fig. 19. Huhn. $\frac{11}{1}$.

Brütdauer $23\frac{1}{2}$ Stunden. Der erste Spalt (s^1) in den Urwirbelplatten (Segmentplatten) ist aufgetreten, hart vor der flammenförmigen vorderen Abdachung des Primitivstreifs, entsprechend dem hinteren Bereich der primären Medullarrinne, in der schmalsten Gegend der Stammzone. Dieser Spalt ist die hintere Begrenzung des ersten Urwirbels.

Am Kopfende der Embryonalanlage erheben sich zu beiden Seiten der primären Medullarrinne die Medullarplatten zu den sogenannten Rückenwülsten. Stets sieht man diese Erhebung zunächst hart seitlich von der primären Medullarrinne auftreten. Eine so breite Anlage der Medullarfurche im Kopftheil, wie Kölliker

---

[1]) Dursy, Der Primitivstreif etc., pag. 35.

[2]) Gasser, Der Primitivstreifen bei Vogelembryonen, pag. 8.

sie zeichnet (Entwickelungsgeschichte des Menschen etc. 2. Aufl., Fig. 39, pag. 110) haben wir an unseren zahlreichen Präparaten weder beim Huhn, noch beim Sperling jemals angetroffen.

Der Primitivstreif mit der Rinne hat um diese Zeit seine grösste Längenentwickelung, beginnt aber gleich darnach sich zu verkürzen.

Fig. 20. Huhn. $\frac{18}{1}$.

Vordere Hälfte desselben Präparats wie in Fig. 19, stärker vergrössert. Die Chorda dorsalis (ch) tritt hier deutlicher hervor als im vorigen Bilde.

Fig. 21. Huhn. $\frac{11}{1}$.

Brütdauer 23 Stunden. Ein im Vergleich zu Fig. 19 etwas weiter vorgeschrittenes Stadium. Die Umlegung der Kopffalte (vordere Keimfalte) zeigt einen geringen Fortschritt. Es ist in den Urwirbelplatten ein zweiter Spalt vor dem ersten erschienen, damit ist der erste Urwirbel cranial- und candalwärts begrenzt. Die Erhebung der Rückenwülste leitet sich ein.

Fig. 22. Huhn. $\frac{19}{1}$.

Vordere Hälfte desselben Präparats bei stärkerer Vergrösserung.

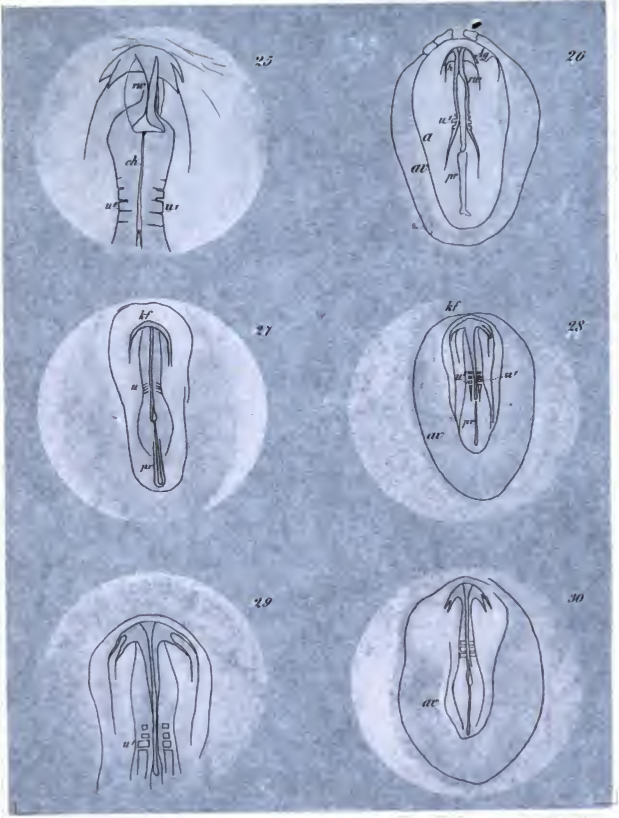
Fig. 23. Huhn. $\frac{12}{1}$.

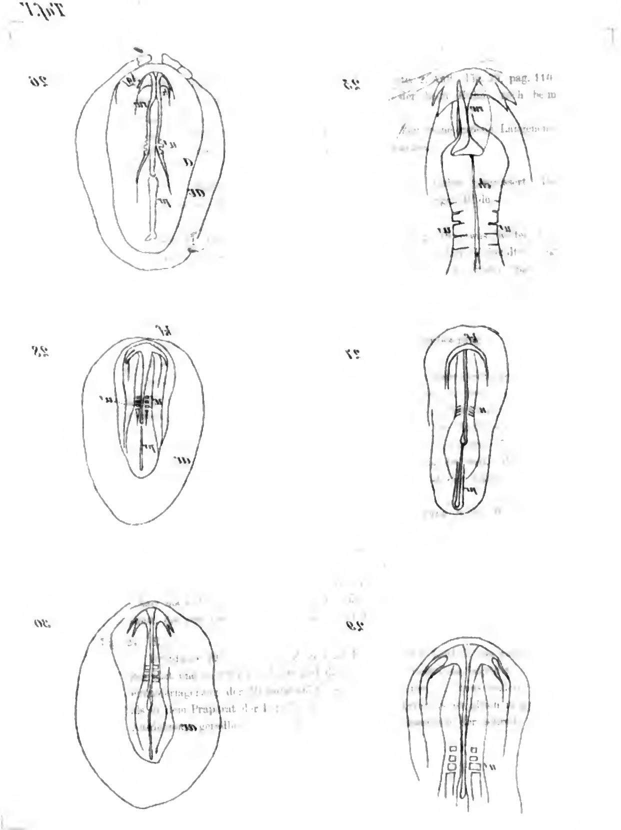
Brütdauer 23 Stunden. Der erste Urwirbel ist auch lateralwärts deutlich begrenzt, vor demselben ein zweiter und hinter dem ersten ein dritter in der Abgrenzung begriffen. Das Kopfende des Embryo hat sich deutlich umschrieben und ist um ein Beträchtliches frei nach vorn vorgewachsen. Die Rückenwülste haben sich soweit erhoben, dass die Aneinanderlegung derselben zur Bildung des Medullarrohrs im Hirntheil beginnt. Davor klafft die Medullarfurche weit. Die zackige Beschaffenheit, die hier der rechte Medullarwulst zeigt, ist eine häufig zur Beobachtung kommende Erscheinung.

Hinter dem Punkte der bereits eingetretenen Berührung beider Wülste divergiren dieselben, allmählich an Erhebung abnehmend. Verfolgt man diese Linien nach hinten, so convergiren sie in geringem Grade gegen den erst entstandenen Urwirbel hin, laufen über denselben hinweg, weichen dann wieder auseinander, um sich schliesslich gegen die Mitte des Primitivstreifs hin zu vereinen. Sehr scharf markirt sich hinter den Urwirbeln das hintere Ende der primären Medullarrinne, die sich von der Primitivrinne deutlich absetzt.

Fig. 24. Huhn. $\frac{12}{1}$.

Brütdauer $22\frac{1}{2}$ Stunden. Zwei Paar Urwirbel sind deutlich von einander abgegrenzt und je ein Paar davor und dahinter in der Sonderung begriffen. Die Aneinanderlagerung der Medullarwülste vollzieht sich hier in etwas anderer Weise, als in dem Präparat der Fig. 23. Der Schluss des Hirnrohrs ist gleich in grösserer Ausdehnung geradlinig erfolgt und auffallend ist namentlich der schroffe Absatz,


25
rw
ch
u'
u'
26
lg
h
rw
u'
a
av
pr
27
kf
u
pr
28
kf
u'
u'
pr
av
29
u'
30
av





Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 5.

den die erhobenen Wülste nach hinten gegen den an der Erhebung noch nicht theilnehmenden Abschnitt der Medullarplatten zeigen. Die Erhebung ist eine local eng begrenzte gewesen.

In der Mittellinie sieht man die Chorda dorsalis mit knopfförmigem vorderen Ende, hinten sich an den Primitivstreif ohne Unterbrechung anschliessend.

Unterhalb des äussersten Kopfendes des Embryo prägt sich scharf eine dunkle mondsichelförmige Region aus; es ist das die durch den Umschlag der Kopffalte in Bildung begriffene Kopfdarmhöhle.

Remak[1]) vergleicht die erste Erscheinung dieser Bildung mit einem Napoleonshute, was zu unserem Bilde sehr wohl stimmt. Der hintere concave Contour dieser Mondsichel begrenzt den Eingang in den eben angelegten Blindsack des Vorderdarmes, stellt also die sogenannte vordere Darmpforte dar.

Am vorderen convexen Rande sieht man zwei Bogenlinien, die sich im Scheitel tangiren, lateralwärts auseinandergehen; der vordere Bogen entspricht dem Umschlagsrande des Ectoderms, der hintere dem Umschlagsrande des Entoderms innerhalb der Kopffalte.

Tafel 5. (V.)

2—3 Paar Urwirbel.

Fig. 25. Huhn. $\frac{25}{1}$.

Vordere Hälfte des in Fig. 24 dargestellten Präparates, stärker vergrössert.

Wenn es sich darum handelt, zu bestimmen, welcher der hier vorliegenden Urwirbel der erst gebildete sei, so wird die Entscheidung wohl nur zwischen den beiden hintersten schwanken. Mit Wahrscheinlichkeit glaube ich annehmen zu dürfen, dass es der in der Contourzeichnung zu Fig. 25 mit u' bezeichnete ist. Derselbe ist jedenfalls am deutlichsten umgrenzt. Indessen könnte es auch der hinter diesem gelegene sein, denn die Entfernung des hintersten Spalts von dem vorderen Ende des Primitivstreifs harmonirt mit der Entfernung des ersten Spalts von demselben Punkte in den Figg. 20 und 22. Mag man nun aber den einen oder anderen der beiden hinteren Urwirbel als den zuerst abgegliederten auffassen, jedenfalls geht aus den Figg. 24 und 25 hervor, dass die Segmentirung zunächst rascher nach vorn, als nach hinten vorschreitet und ist darnach die Angabe von

[1]) Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere. Berlin 1855, pag. 12, § 20.

Foster und Balfour[1]) **zu berichtigen, die behaupteten, dass die nächstfolgenden Urwirbel hinter dem ersten Paar entstünden.**

Fig. 26. Huhn. $\frac{14}{1}$. Brütdauer 26 Stunden.

Das Hirnrohr h ist bereits auf längerer Strecke geschlossen, dahinter begrenzen die Rückenwülste die offene Medullarfurche. Der Gefässhof (av) tritt hervor.

Fig. 27. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Fig. 28. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Fig. 29. Sperling. $\frac{28}{1}$.

Die vordere Hälfte des in Fig. 28 dargestellten Präparats, bei doppelter Vergrösserung.

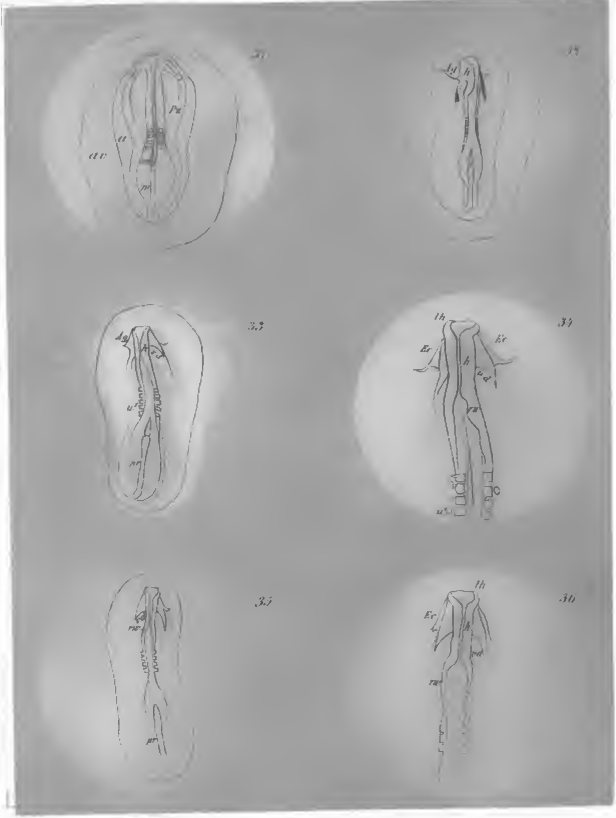
Fig. 30. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Diese fünf Bilder repräsentiren annähernd dasselbe Entwickelungsstadium mit 2—3 Urwirbeln. Während wir vom Huhn Präparate mit dem ersten Spalt allein für sich und mit einem einzigen Urwirbelpaar aufweisen können, fehlen uns solche vom Sperling, obgleich die Zahl der untersuchten Eier dieses Vogels aus dem entsprechenden Entwickelungsstadium eine grössere war, als vom Huhn. Im Allgemeinen ist der Abstand der ersten Urwirbel vom vorderen Ende des Primitivstreifs ein grösserer, als beim Huhn. Dass auch hier die Segmentirung der Urwirbelplatten zunächst nach vorn vorschreite, wird aus den Figg. 28 und 29 wahrscheinlich, wo das grösste und am schärfsten begrenzte Urwirbelpaar das hinterste ist.

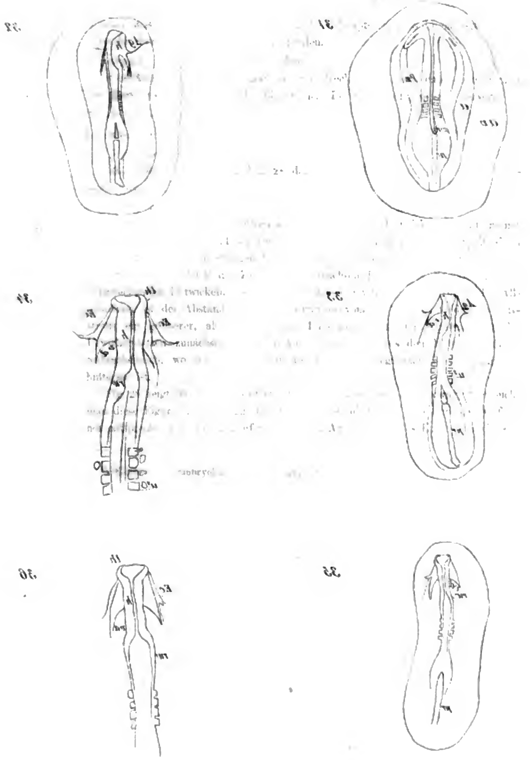
Fig. 28 zeigt die Anlage des Gefässhofes (av) in scharfer Begrenzung. Vergleicht man diese Figur mit den Figg. 13, 9 und 10, so überzeugt man sich, der Gefässhof entspreche dem dort mit ef bezeichneten Aussenbezirk des Embryonalfeldes.

---

[1]) Elements of Embryology. Part. I. pag. 55.


33
34
35
36

Taf. VI.





Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 6.

Tafel 6. (VI.)

3—5 Paar Urwirbel. Kopfdarmhöhle. Vordere Darmpforte.

Fig. 31. Sperling. $\frac{17}{1}$.

Das Bild schliesst unmittelbar an das vorhergehende in Fig. 30 an. Dort waren erst 3 Paar Urwirbel, hier sind ihrer bereits 4 zu zählen. Die Medullarrinne dringt auf Kosten des Primitivstreifs weiter nach hinten vor. Die Erhebung der Rückenwülste erfolgt beim Sperling etwas anders als beim Huhn, der Schluss des Hirnrohrs vollzieht sich vergleichsweise später.

Die Gestaltung des Kopftheils beim Sperling in einem dem vorliegenden entsprechenden Stadium demonstriren die Bilder Fig. 43 und 44, Taf. 8.

Fig. 32. Huhn. $\frac{10}{1}$. Brütdauer 22 Stunden.

Fig. 33. Huhn. $\frac{12}{1}$. Brütdauer 24 Stunden.

Fig. 34. Dasselbe Präparat. $\frac{25}{1}$.

Fig. 35. Huhn. $\frac{11}{1}$. Brütdauer 23 Stunden.

Fig. 36. Dasselbe Präparat. $\frac{20}{1}$.

Diese Bilder zeigen successive fortschreitende Stadien in der Bildung des Hirnrohrs (h) und der Segmentirung der Urwirbelplatten. Waren in den letzten Bildern vom Huhn, Fig. 23 und 24 auf Taf. 4, erst 2—3 Paar Urwirbel, so finden sich hier 4—5 Paare. Der Primitivstreif beginnt sich zurückzubilden. Das Vorderende des Hirnrohrs ist trichterförmig offen, am Rande der Trichtermündung bilden sich zwei laterale Lippen (lh) Fig. 34 und 36, die nach aussen umgeschlagen erscheinen. Das freie Vorderende des Embryo schiebt sich über die Stelle der ursprünglichen Bildung der Kopffalte weiter vor und überragt eine unterhalb desselben gelegene Grube, die Amniosgrube (ag) Fig. 32 und 33. Vom Vorderende des Hirns erstreckt sich das Ectoderm (ec) Fig. 34 und 36, abwärts gegen den Boden der Amniosgrube. Der Vorderdarm erscheint als Schlauch, dessen nach hinten gekehrte bogenförmig begrenzte Mündung, die vordere Darmpforte (vd) Fig. 34 und 36, sehr scharf hervortritt.

Der ganze vor den Urwirbeln gelegene Vordertheil des Embryo erhebt sich über das Niveau der Area pellucida und krümmt sich dabei in leichtem Grade. Fig. 33 und 35.

An den Figg. 33 und 34 sind einige Einzelheiten hervorzuheben. Man geht wohl nicht fehl, wenn man das in der Contourzeichnung mit u' markirte Urwirbel-

paar als das erst entstandene auffasst. Abgesehen von der Grösse spricht der Umstand dafür, dass die Axe der Urwirbel dieses Paares nicht senkrecht auf der Medianlinie steht, sondern eine leichte Neigung nach hinten zeigt. Es harmonirt das mit der Richtung der beiden ersten Spalten, Fig. 19—22. Auch die Entfernung dieses Paares vom vorderen Ende des Primitivstreifs spricht zu Gunsten jener Annahme.

Dann wären vor diesem ersten Paare zwei wohl abgegrenzte Paare erschienen und ein drittes in Bildung begriffen, während dahinter erst ein Paar die Abgrenzung einleitet.

Die Knöpfe an den lateralen Enden der Urwirbel in Fig. 34 bringe ich mit der Trennung derselben von den Seitenplatten in Beziehung und nehme an, dass die Substanz der letzteren entsprechend der Trennungsfläche eine Verdichtung erfährt. — Die Chorda dorsalis sieht man hier unterhalb der Medullarfurche verlaufen.

Tafel 7. (VII.)

6—7 Paar Urwirbel. Zangenform des Hirns. Verkürzung des Primitivstreifs.

Die Figuren dieser Tafel repräsentiren alle dasselbe Stadium, mit dem in der Regel der erste Brüttag am Hühnerei abschliesst. Es finden sich 6—7 Urwirbel. Den Hauptfortschritt gegenüber der vorigen Tafel zeigt das Hirnrohr. War das Vorderende dort ungefähr trichterförmig gestaltet mit leicht auswärts umgebogenem Rande, so zeigt die Oeffnung sich hier durch zwei laterale, nach vorn vorspringende Lippen (lh) begrenzt, der Trichter hat sich zu einer Zange umgestaltet. Der unmittelbar hinter der Zange gelegene Abschnitt ist etwas blasig erweitert und repräsentirt das Vorderhirnbläschen, h' (primäres Vorderhirn, Mihalkovics).

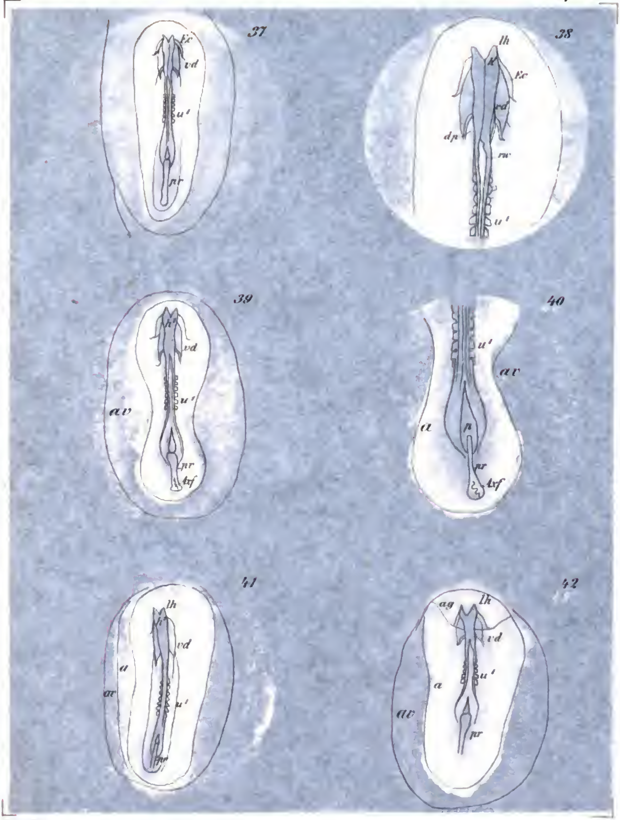
Fig. 37. Huhn. $\frac{10}{1}$. Brütdauer 24 Stunden.

Fig. 38. Vorderhälfte desselben Präparats. $\frac{20}{1}$.

Die von den Hinterlippen (lh) seitwärts abgehenden gebogenen Linien begrenzen die Oberfläche des Ectoderms (Epidermis) des freien Kopfendes.

An der bogenförmigen Umgrenzung der vorderen Darmpforte gewahrt man bereits die Einleitung zur Herzbildung. Der Rand der Pforte zeigt nämlich einen doppelten Contour, der innere entspricht dem Entoderm, der äussere der sich hier vom Entoderm ablösenden Darmfaserplatte (Splanchnopleure, Foster and Balfour).

Taf. VII.





Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 7.

Stützt man sich auf dieselben Anhaltspunkte zur Bestimmung des zuerst entstandenen Urwirbelpaares, wie bei Besprechung der Figg. 33 und 34, so hat man das, von hinten gezählt, zweite dafür anzusehen. Es hätte sich also hinter diesem erst ein Paar gebildet, davor aber wären vier Paare entstanden.

Der Primitivstreif hat in seiner absoluten Länge noch keine Abnahme erfahren, die indessen unmittelbar später einzutreten pflegt (Fig. 39). Die Loupe zeigt an diesem Bilde den Axenfaden in der Primitivrinne.

Erdl[1]) zeichnet dasselbe Entwickelungsstadium, nur hat er das Hinterende nicht correct wiedergegeben.

Fig. 39. Huhn. $\frac{12}{1}$. Brütdauer 24 Stunden.

Fig. 40. Hintere Hälfte desselben Präparats. $\frac{18}{1}$.

Unterscheidet sich von dem nächst vorhergehenden durch die eingetretene Verkürzung des Primitivstreifs, unter Verbreitung des flammenförmigen Vorderendes desselben.

Die Area vasculosa rückt jederseits mit einem Vorsprunge gegen den Embryo heran.

Fig. 41. Huhn. $\frac{10}{1}$. Brütdauer 25 Stunden.

7 Paar Urwirbel, und zwar 2 hinter dem erst entstandenen (u'), 4 Paar davor. Das erst entstandene Urwirbelpaar ist bis jetzt noch das grösste und hieran allein schon kenntlich.

Die beiden Lippen am Hirn beginnen sich einander zuzuneigen. Das Hirnrohr zeigt zwei spindelförmige Erweiterungen, die vordere stellt das vordere Hirnbläschen dar, die hintere entspricht dem gesammten übrigen Hirn.

Fig. 42. Taube. $\frac{12}{1}$. Brütdauer 26 Stunden.

Dieses Bild repräsentirt ungefähr dasselbe Stadium, wie die vorhergehenden vom Huhn, nur ist die Segmentirung der Urwirbelplatten etwas im Rückstande, jedenfalls aber verläuft die Entwickelung in beiden Arten recht parallel.

Abweichend von der gleich weit entwickelten Form des Hühnerembryo erscheint hier die grössere Breite der Embryonalanlage im Verhältniss zur Länge, das weitere Klaffen des zangenförmigen Vorderhirns und der scharfe Rand, der die Amniosgrube (ag) hinterwärts begrenzt.

---

[1]) Die Entwickelung des Menschen und des Hühnchens im Ei. Leipzig 1846, Bd. I, Thl. I, Tab. VI, Fig. VII.

Tafel 8. (VIII.)

Diese Tafel führt drei aufeinander folgende, wenn auch nicht unmittelbar aneinander schliessende Entwickelungsstadien des Centralnervensystems und der Urwirbelplatte vom Sperling vor. Das erste Bild reiht sich an die Fig. 31, Taf. 6. an, das letzte hat die Entwickelungsstufe des Huhns in Fig. 42, Taf. 7. bereits merklich überschritten.

Fig. 43. Sperling. $\frac{25}{1}$.

Fig. 44. Dasselbe Präparat. $\frac{22}{1}$.

Bei der Vergleichung des vorliegenden Bildes mit dem des gleichen Entwickelungsgrades in Fig. 31 treten einige individuelle Differenzen hervor, die Hirnanlage ist hier weiter entwickelt als dort, in Fig. 31, das Vorderende springt deutlicher vor, ist verbreitet, die Trichterbildung leitet sich ein, dagegen erstreckt sich die Medullarrinne auf Kosten des Primitivstreifs dort weiter nach hinten, als im vorliegenden Bilde.

Im Allgemeinen kann man nach diesem Bilde vom Sperlingsembryo, wie auch nach den früheren, in den Figg. 27—31 wiedergegebenen, sagen, dass die Erhebung der Rückenwülste bei diesem Vogel in grösserer Ausdehnung gleichmässig erfolgt als beim Huhn.

Als das erst entstandene Urwirbelpaar ist mit Wahrscheinlichkeit das mittlere der drei hier vorhandenen zu bezeichnen, da es das am schärfsten abgegrenzte ist. Die Primitivrinne ist am hinteren Ende gabelig gespalten.

Fig. 45. Sperling. $\frac{15}{1}$.

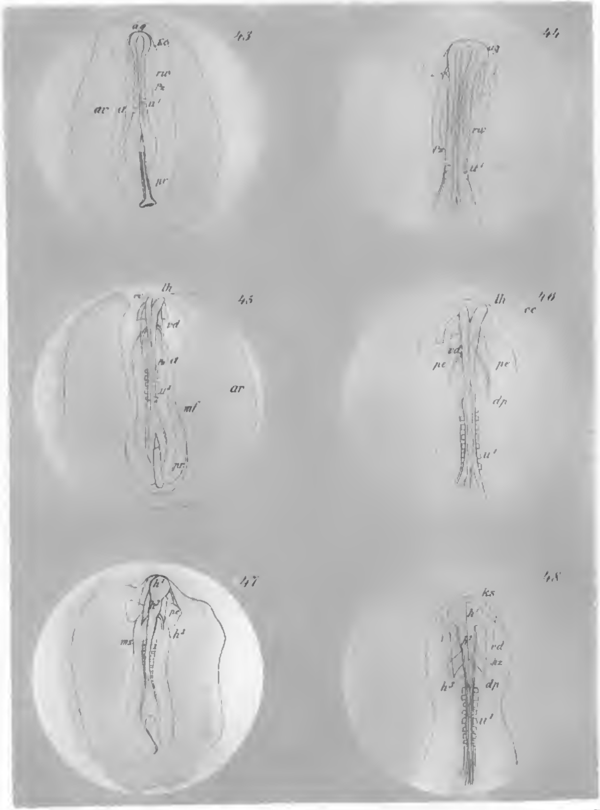
Fig. 46. Sperling. $\frac{20}{1}$.

Beide Bilder, zwei Präparaten entnommen, stellen dieselbe Entwickelungsstufe dar, die durch die Zangenform des Hirns und das Vorhandensein von 5—6 Urwirbeln charakterisirt ist.

Es ist durch diese Bilder Gelegenheit gegeben, dasselbe Stadium von drei Arten hinsichtlich der Dimensionen und des Parallelismus der Vorgänge zu vergleichen, wenn man das Bild vom Huhn in Fig. 37 und 38, das von der Taube in Fig. 42 und diese beiden vom Sperling nebeneinander stellt.

Im Grossen und Ganzen ist die Uebereinstimmung derselben eine überraschende, doch erscheint der Embryo der Taube in der Stammzone kürzer und breiter, der des Sperlings schlanker, als der Hühnerembryo. Dieses Verhältniss tritt namentlich in der Form des Hirnrohrs entgegen.

Taf. VIII.


43
ag
ko
rw
pz
u'
ar
pr
44
rw
u'
45
lh
vd
ar
mf
46
lh
vd
pe
pe
dp
u'
47
h'
pe
ms
48
ks
vd
dp
u'



Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 8.

In absoluten Maassen beträgt die Länge des Embryo vom Huhn (Fig. 37) 4,15 mm, des der Taube 3,54 mm, des Sperlingsembryo 3,33 mm, wenn man als vorderen Punkt der Messung das vorderste Ende der Hirnlippen, als hinteren Endpunkt denjenigen nimmt, wo die Rückenwülste, nach Umschreibung des breiteren spindelförmigen Feldes, den Primitivstreif erreichen. Die letztere Differenz zwischen Sperling und Taube müsste wohl etwas grösser genommen werden, da dieser Taubenembryo um ein Weniges in der Entwickelung hinter dem des Sperlings zurücksteht.

Die Einzelheiten in den Figg. 45 und 46 sind aus den vorausgehenden Erläuterungen verständlich, doch müssen zwei Erscheinungen in Fig. 46 hervorgehoben werden.

Die hellen Felder zu beiden Seiten des Vorderdarmes, die mit pe bezeichnet sind, stellen die durch Spaltung des Mesoderms entstehenden Pericardialhöhlen (Halshöhle der älteren Autoren) dar.

Den Strich, der entlang den lateralen Enden der Urwirbel verläuft, aber nur auf der einen Seite deutlich hervortritt, fasse ich als den Urnierengang auf.

Welches der beiden hinteren gut begrenzten Urwirbelpaare dem mittleren in Fig. 43 entspricht, lässt sich nicht sicher entscheiden. Der Grösse und Stellung der Urwirbel nach dürfte es das, von vorn gezählt, fünfte (u') sein.

Fig. 47. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Der Zahl der Urwirbelpaare nach schliesst dieses Stadium sich unmittelbar an das vorige an, dort sind 6, hier 7 Paare, aber die Entwickelung des Centralnervensystems ist um ein Bedeutendes weiter vorgeschritten. Das Hirnrohr ist vorn geschlossen und in der dorsalen Mittellinie haben sich die Medullarplatten bis jenseits der sieben Paar Urwirbel aneinander gelegt, es ist also auch ein beträchtliches Stück des Rückenmarkrohres gebildet.

An dem Hirn sind drei Abtheilungen, die drei Stammbläschen, zu unterscheiden, das kuglige Vorderhirn (h^1), dahinter das Mittelhirn (h^2), dann das schmälere Hinterhirn (h^3).

Beiderseits ist der Urnierengang, entlang den Urwirbeln verlaufend, zu sehen.

Fig. 48. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Dieses Bild führt uns um einen Schritt weiter. Das zunächst kuglige Vorderhirn wird ellipsoidisch, der quere Durchmesser desselben übertrifft an Länge den medianen. Die beiden folgenden Hirnabtheilungen sind deutlich von einander abgesetzt, an dem Hinterhirn zeigt sich bereits eine Verdünnung der dorsalen Wand, die durchscheinend wird. Acht Paar Urwirbel sind zu zählen, das neunte Paar ist in der Abgrenzung begriffen. Die vordersten Urwirbel sind rasch gewachsen, denn es nehmen dieselben jetzt von hinten nach vorn an Stärke zu, doch bleibt das fünfte Paar (u') an seiner Stärke und Stellung noch kenntlich.

Zu erwähnen sind ferner die Herzanlage (hz) und die sich erhebende vordere Falte des Amnios, die sogenannte Kopfscheide (ks). Die doppelte Herzanlage erscheint in den beiden breiten dunklen Bändern in den Seitenwänden der vorderen Darmpforte. Dieses Bild ist wohl zunächst bedingt durch die Verdickung der Darmfaserplatte (Splanchnopleure Foster and Balfour), aus welcher, unter Einstülpung derselben gegen die Pericardialhöhle, die Muskelwand der entsprechenden Herzhälfte entsteht.[1])

Ob diese Einstülpung hier bereits begonnen, geht aus dem Flächenbilde der beiden dunklen Bänder nicht hervor.

Die Erhebung der Kopfscheide prägt sich in der dunklen gebogenen Linie aus, die in geringem Abstande vom Kopfende des Embryo dasselbe umgreift.

Tafel 9. (IX.)

8—10 Urwirbel. Gliederung des Hirns.

Fig. 49. Huhn. $\frac{10}{1}$. Brütdauer 26 Stunden.

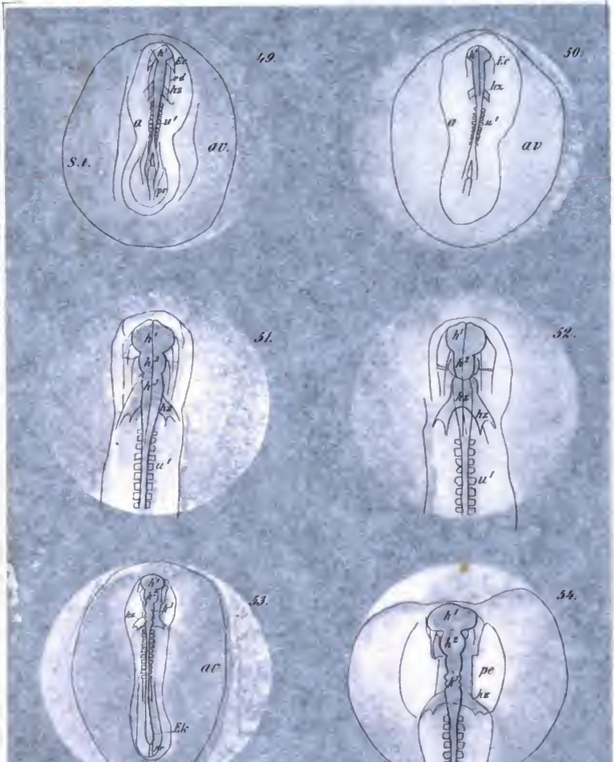
Das Bild schliesst unmittelbar an das letzte Bild des Hühnerembryo in Fig. 41, Taf. 7. an. Dort neigten sich die Hirnlippen gegeneinander zum Schlusse des Vorderhirns, hier ist der Schluss erfolgt; zwei kleine Knöpfchen vorn deuten die Stelle an, wo die Ränder der Lippen sich aneinander gelegt haben. Dort waren sieben Paar Urwirbel vorhanden, hier sind es acht Paare, die Bildung eines neunten ist angedeutet.

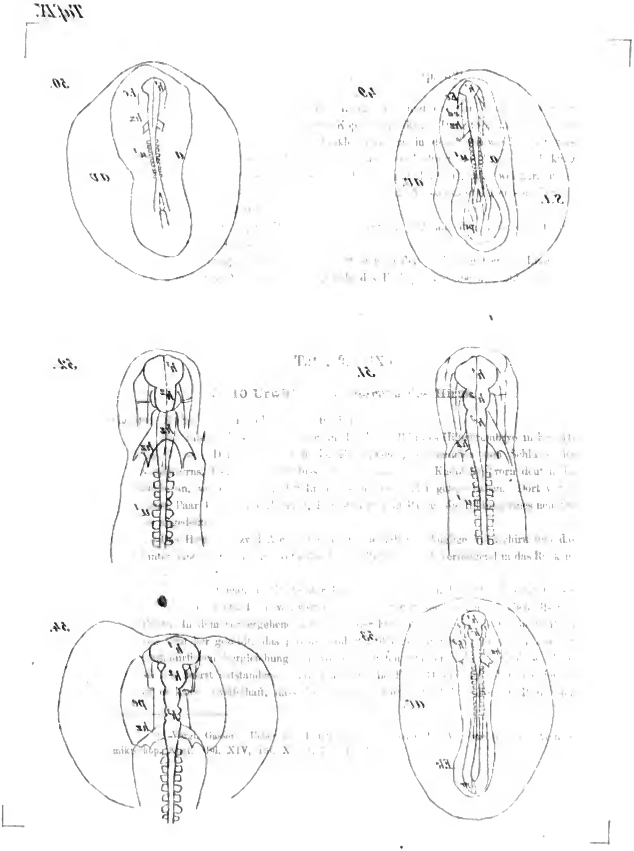
Das Hirn hat zwei Abtheilungen, das annähernd kuglige Vorderhirn und dahinter eine langgestreckte Abtheilung, die allmählich sich verjüngend in das Rückenmark übergeht. —

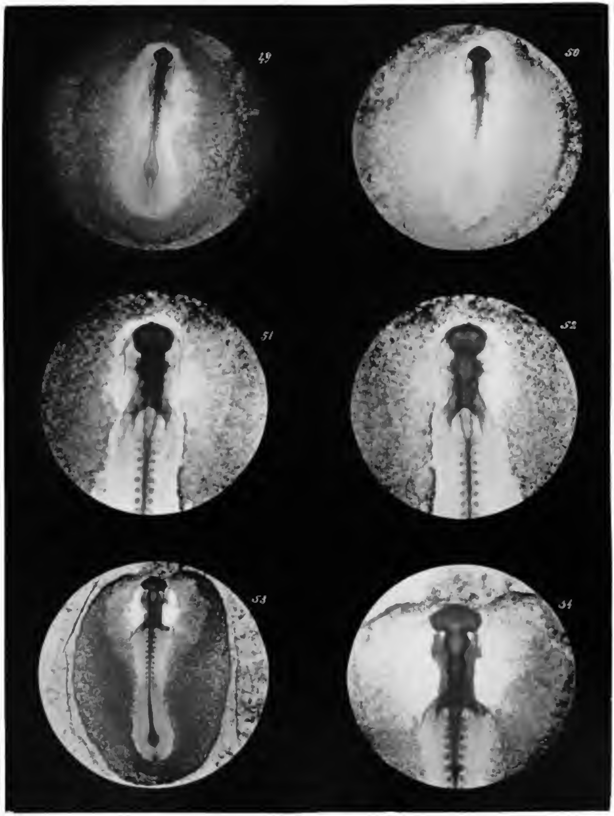
Ueberblickt man die Reihe der Urwirbel, so fällt ein Paar durch seine Grösse auf, es ist das fünfte Paar, von vorn gezählt. Hinter diesem finden sich ebenfalls vier Paare. In dem vorhergehenden Stadium der Fig. 41 war gleichfalls das fünfte Paar, von vorn her gezählt, das grösste und mit Wahrscheinlichkeit liess sich aus der continuirlichen Vergleichung der vorhergehenden Stadien annehmen, dieses Paar sei das zuerst entstandene. Hält man nun die Figg. 41 und 49 nebeneinander, so ist es kaum zweifelhaft, dass die hier, wie dort mit u' bezeichneten Paare sich

---

[1]) Vergl. Gasser. Ueber die Entstehung des Herzens bei Vogelembryonen. Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. XIV, Taf. XXVI, Fig. 1—6.


49.
h'
Ec
hz
u'
a
av.
S.t.
pr
50.
h'
Ec
hz
a
u'
av
51.
h'
h²
h³
hz
u'
52.
h'
h²
hz
hz
u'
53.
h'
hz
av.
Ek
54.
h'
h²
pe
hz





Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 9

entsprechen. Darnach lässt sich annehmen, dass die Segmentirung der Urwirbelplatten beim Huhn von dem Ausgangspunkte dieses Processes aus zunächst cranialwärts rascher vorschreitet, denn während bis zu dem Stadium der Fig. 41 vor dem ersten Urwirbel vier Paare auftreten, sind caudalwärts von demselben erst zwei entstanden. Darauf aber ändert sich das Verhältniss, da in dem nächsten Zeitraum bis zu der Stufe der Fig. 49 die Segmentirung cranialwärts nicht weitere Fortschritte gemacht hat, candalwärts aber, zu den bereits vorhandenen, zwei neu entstandene Paare hinzugetreten sind. Die Verhältnisse beim Sperling auf Tafel 8 fügen sich dieser Auffassung und geben derselben somit eine Stütze.

In dem Gefässhofe (av) hat die Bildung von Blut und Gefässen begonnen, es sind theils isolirte, theils unter Ramificationen sich verbindende Blutinseln sichtbar, eine Abgrenzung des Gefässhofes gegen den Dotterhof durch eine, wenn auch noch unterbrochene Linie tritt auf. Die Linie entspricht der Anlage des Sinus terminalis.

Fig. 50. Huhn. $\frac{10}{1}$.

Brütdaner 26 Stunden. Ein anderes Präparat desselben Stadiums und dem vorigen Bilde genau entsprechend, nur die Knöpfchen am Vorderhirn sind verstrichen. Das Bild ist aufgenommen worden, um an einem zweiten Beispiele die Constanz der Erscheinungen an den Urwirbeln zu demonstriren, von denen eben die Rede war.

Fig. 51. Sperling. $\frac{20}{1}$.

Fig. 52. Dasselbe Präparat, von der Ventralseite aufgenommen.

Dieses Präparat fand sich nur um ein Geringes weiter entwickelt als das in Fig. 48 abgebildete. Das Vorderhirnbläschen hat sich noch etwas mehr in der Queraxe gestreckt und das Mittelhirn sich deutlicher gegen das Hinterhirn abgeschnürt. Der vorderste Urwirbel entspricht der Grenze zwischen Hirn- und Rückenmark. Das Herz ist in seiner Bildung weiter vorgeschritten, wie bei der Ventralansicht in Fig. 52 zu sehen ist; an die beiden Herzschenkel, die die spitzbogenförmige Darmpforte einfassen, schliesst sich bereits ein kurzes Stück des Herzschlauches kopfwärts an. Die hinteren Enden der Herzschenkel lassen ein Lumen erkennen.

Fig. 53. Sperling. $\frac{12}{1}$.

Fig. 54. Vordere Hälfte desselben Präparats. $\frac{24}{1}$.

Hier lässt die Gliederung des Hirns einen überraschenden Fortschritt gewahren: an dem einfach konischen Hinterhirn, wie es sich kurz vorher darbot, sind vier Abtheilungen aufgetreten, die durch drei Einschnürungen begrenzt werden. Die vorderste dieser Abtheilungen, die unmittelbar auf das Mittelhirn folgt, verhält sich fast wie dieses, es ist eine blasige Erweiterung von etwas geringerer Breite als das Mittelhirnbläschen, die beiden folgenden Abtheilungen sind kürzer und

darauf folgt als letzte das konische Endstück. Somit finden sich jetzt am Hirn im Ganzen sechs Abschnitte.

Erdl[1]) giebt ein Bild vom Hühnerembryo aus der 33. Stunde der Bebrütung mit zwölf Paar Urwirbeln, kleinen Knöpfchen am Vorderende des Hirns und ebenfalls sechs blasigen Abschnitten am Hirnrohr, die aber gleichmässiger sind, als an unseren Präparaten, indem die dritte und vierte Auftreibung, der zweiten, d. h. dem Mittelhirn, fast an Länge gleichkommen.

Ich nehme nach unseren Präparaten folgenden Gang der Gliederung des Hirnes an:

Beim Huhn tritt zunächst eine zweifache Gliederung auf, die sich bereits vor dem vorderen Schlusse des Hirnrohrs deutlich ausprägt, Fig. 37, 39, 41. Diese zwei Abtheilungen zeigen sich auch später deutlich, Fig. 49 und 50. — Vom Sperling fehlt uns ein entsprechendes Bild, es besteht eine Lücke zwischen den Figg. 45 und 47, in letzterer ist bereits an der hinteren langen Abtheilung eine leichte Einschnürung zu bemerken, indessen der geringe Grad dieser Einschnürung lässt mit ziemlicher Sicherheit annehmen, dass dieselbe eben erst aufgetreten und kurz vorher ein Stadium bestanden, das sich wie dasjenige vom Huhn in Fig. 49 und 50 verhält.

Auf die zweifache folgt die dreifache Gliederung des Hirnrohrs, indem die hintere der ursprünglichen zwei Abtheilungen durch eine Einschnürung in zwei Abschnitte sich theilt. Diese drei Abtheilungen repräsentiren die beim Hühnerembryo längst bekannten, in Fig. 48 vom Sperling dargestellten sogenannten Stammbläschen des Hirns (Reichert). Darauf nun erscheint beim Sperling sowohl wie beim Huhn die mehrfache Gliederung des dritten Stammbläschen, des primären Hinterhirns, die die vorliegenden Figg. 53 und 54 zur Anschauung bringen. Es erscheinen vier secundäre Glieder am hinteren Stammbläschen.

Mihalkovics schildert den Gang der Gliederung des Hirns beim Vogelembryo einfacher, als derselbe sich in unseren Präparaten darstellt. Er nimmt zunächst eine dreifache Gliederung in die drei Stammbläschen an und lässt aus dieser direct die vierfache Gliederung hervorgehen, indem das dritte Stammbläschen sich in zwei Abschnitte theilt, nämlich in das secundäre Hinterhirn und das Nachhirn. Seine Angaben beziehen sich auf den Gänseembryo[2]), den ich nicht kenne, ich bescheide mich daher eines Urtheils über dieselben um so mehr, als ich auf Grund eigener Erfahrungen es zugeben muss, dass Verhältnisse von entschieden allgemeiner Bedeutung bei verschiedenen Arten in sehr verschiedenem Grade zur Ausprägung

[1]) l. c. Tab. VIII, Fig. 2.

[2]) Mihalkovics, Entwickelungsgesch. des Gehirns. Leipzig 1877, pag. 21.

kommen. So zeigt sich die primäre Zweitheilung des Hirns, die Götte[1]) auch von der Unke angiebt, bei einem Fisch sehr deutlich und andauernd, während bei einem anderen dieses Stadium so flüchtig währt, dass es leicht ganz übersehen werden kann.

So dürfte vielleicht auch diese beim Huhn und Sperling auftretende secundäre Sonderung des hinteren Stammbläschens in vier durch drei Einschnürungen getrennte Abschnitte am Gänseembryo übersehen worden sein. Denn es ist keine definitive Gliederung, insofern dieselbe äusserlich bald verschwindet, um der bleibenden Gliederung in Hinterhirn (Cerebellum) und Nachhirn (Medulla oblongata) Platz zu machen. Die Dimensionen und Formen der vier Abtheilungen sind auch nicht ganz constante, nichtsdestoweniger bin ich der Meinung, dass diese Erscheinung eine tiefere Bedeutung hat, und werde in dieser Anschauung dadurch bestärkt, dass bei Eidechsen entsprechendes, nur in viel ausgeprägterem Grade vorliegt. Es wäre denkbar, dass diese vorübergehende Viertheilung des hinteren Stammbläschens mit der Entstehung der Hirnnerven oder ihrer Ganglien in Beziehung stünde.

Die Vierzahl der Abtheilungen lässt an die vier hier in Betracht kommenden Nerven denken, den Trigeminus, Facialis mit dem Acusticus, Glossopharyngeus und Vagus. —

Auch der Umstand, dass diese secundären Abtheilungen des dritten Stammblässchens in ihrer Erscheinungsweise Variationen zeigen, liesse sich mit der eben angedeuteten Auffassung in Uebereinstimmung bringen, denn es würde sich um einen rasch verlaufenden Process handeln, dessen einzelne Phasen sich in verschiedener Gestaltung dieses Hirntheils ausprägen dürften.

Das Rückenmark ist in Fig. 53 bereits in der ganzen Länge geschlossen. Vom Hirn an verjüngt sich das Rohr gleichmässig entlang der ganzen von den zehn Paar Urwirbeln eingenommenen Region. Hinter dem zehnten Urwirbelpaar nimmt es an Stärke wieder zu. Diese dickere Partie ist langgestreckt und geht schliesslich in eine birnenförmige Anschwellung aus, mit der auch die Urwirbelplatten sich verbinden, die man vom letzten Urwirbel an jederseits als schmale Bänder bis zu der Anschwellung verfolgen kann. Diese letztere bezeichne ich als Endknospe des Embryo. Der stärkere Abschnitt des Rückenmarkes vor der Endknospe ist aus dem spindelförmig verbreiteten Bezirk der Medullarplatte früherer Stadien herzuleiten, in den der Primitivstreif mit seiner vorderen Hälfte hineinragt (vergl. Fig. 43, 45, 47 vom Sperling. Fig. 35, 37, 39 vom Huhn).

Der dünne Theil des Rückenmarkes, der zwischen den hinteren der hier vorhandenen Urwirbeln gelegen ist, entspricht ohne Zweifel dem dünnen Halsmark

[1]) Entwickelungsgeschichte der Unke, pag. 280.

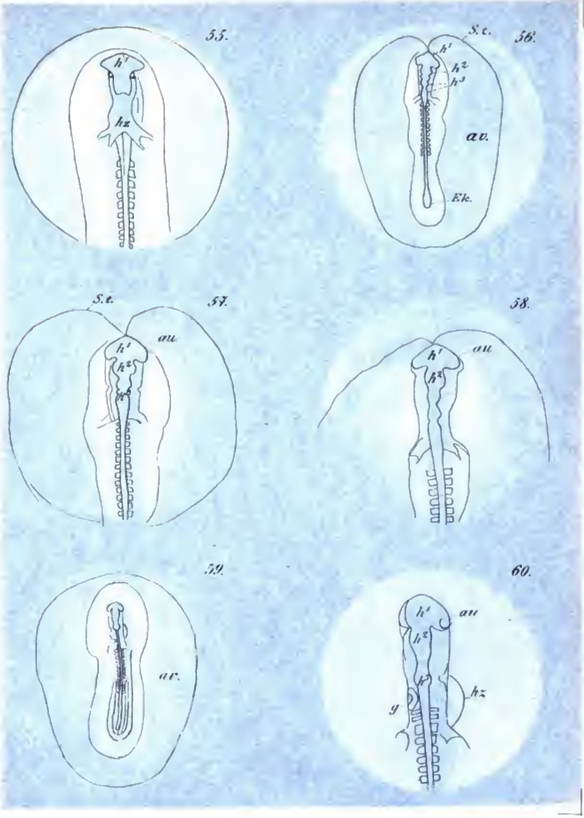
des entwickelten Vogels; die stärkere Partie hinter den Urwirbeln wird man als die Anlage des darauf folgenden mächtigeren Abschnittes des entwickelten Markes anzusehen haben, also der sogenannten Intumescentia cervicalis, aus der die Nerven der vorderen Extremität entspringen. Die Endknospe enthielte dann das Bildungsmaterial für den noch übrigen Theil des Rückenmarkes.

Wenn diese Auffassung auch nicht bestimmt zu beweisen ist, so dürfte derselben doch schwerlich ein Bedenken entgegengestellt werden können. Ich halte mich bei dieser Deutung an zweierlei Verhältnisse. Zunächst an die Aufeinanderfolge der Regionen, die beim entwickelten Vogel und dem hier vorliegenden Embryo eine übereinstimmende ist. Auf das Hirn folgt bei jenem, wie bei diesem erst ein dünnerer Theil des Rückenmarkes, darauf eine langgestreckte Anschwellung. Ist das erstere, wie nicht bezweifelt werden kann, das dünne Halsmark, so liegt der Schluss am nächsten, dass die Anschwellung an dem Rückenmarke des Embryo der Intumescentia cervicalis des entwickelten Markes correspondire. — Dann beachte ich die Lagebeziehung der Anschwellung zu den Urwirbeln. Es liegen hier zehn Paar Urwirbel vor. Das hinterste Paar befindet sich noch merklich vor dem Beginne der Anschwellung, das vorderste Paar an der hinteren Grenze des Hirns. Wenn die Zahl der Urwirbel sich vermehrt, so finde ich zwölf Paar derselben zwischen dem Hinterhirn und dem vorderen Ende der Anschwellung des Markes. Das würde in befriedigender Weise mit der Länge der Halsregion übereinstimmen, denn der Sperling hat zwölf Halswirbel.

Ich brauche wohl nicht zu bemerken, dass ich auf diese Coincidenz der Zahlen nicht ein ausschlaggebendes Gewicht gelegt wissen will, denn einmal weiss ich nicht, ob, bei zwölf Paar Urwirbeln, das vorderste, das gegenwärtig an der Grenze von Hirn und Rückenmark sich findet, dereinst dem Intervall zwischen Atlas und Hinterhauptsbein entsprechen würde und andererseits reicht das craniale Ende der Intumescentia cervicalis beim erwachsenen Sperling nicht bis zum zwölften, sondern bis zum zehnten Wirbel. Zu einer genauen Untersuchung dieser Verhältnisse gebricht es noch an den Detailkenntnissen, aber die Zahlen harmoniren doch mit meiner Deutung jener Anschwellung. —

An die Endknospe schliesst sich hinten ein Streifen an, der bis zur Area vasculosa reicht und an der Rinne als Rest des Primitivstreifs zu erkennen ist.

Welches der vorliegenden Urwirbelpaare als das erstentstandene anzusehen ist, ob das fünfte oder sechste Paar, wage ich hier nicht mehr zu entscheiden.


55.
h¹
hz
56.
S.t.
h¹
h²
h³
av.
Ek.
57.
S.t.
au
h¹
h²
h³
58.
h¹
h²
au
59.
ar.
60.
h¹
au
h²
h³
hz
y



Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 10.

Tafel 10. (X.)

Beginnende Abschnürung der Augenblasen. Gehörbläschen. 11—15 Paar Urwirbel.

Fig. 55. Huhn. $\frac{14}{1}$.

Brütdauer 26 Stunden. Ventralansicht. Das Bild giebt den Moment der äussersten Streckung des Vorderhirnbläschens in querer Richtung wieder. Diese beträchtliche Verlängerung der queren Axe geht der Abschnürung der Augenblasen voraus.

Fig. 56. Sperling. $\frac{9}{1}$.

Das Vorderhirnbläschen hat seine Gestalt verändert, indem sich die lateralen Enden des Ellipsoïds nach hinten wenden. Man sieht jetzt an dem vorher einfachen Bläschen drei Abtheilungen, eine mittlere und zwei seitliche; letztere sind die Augenblasen, die gegen den mittleren Theil abgeknickt erscheinen, indem die Hinterwand, entsprechend der Grenze der mittleren Abtheilung und der jederseitigen Augenblase faltenartig nach innen vorspringt.

An dem hinteren Stammbläschen sehe ich hier nicht mehr vier Abtheilungen, sondern kann mit Sicherheit nur drei unterscheiden.

Es sind zwölf Paar Urwirbel zu zählen, die die Strecke zwischen dem hinteren Stammbläschen des Hirns und der Intumescentia cervicalis einnehmen. Der Gefässhof ist durch den Sinus terminalis scharf begrenzt. Vor dem Kopfe des Embryo schwanken beide Hälften des Sinus einwärts, um sich zur unpaaren Vena vitellina anterior zu vereinen.

Fig. 57. Sperling. $\frac{17}{1}$.

Fig. 58. Sperling. $\frac{17}{1}$.

Beide Bilder zeigen den Process der Abschnürung der Augenblasen im Fortschreiten.

Fig. 59. Huhn. $\frac{9}{1}$. Brütdauer 30 Stunden.

Fig. 60. Dasselbe Präparat in der vorderen Hälfte. $\frac{15}{1}$.

Die erstere Figur zeigt den Hühnerembryo nebst dem Gefässhofe in der Periode der beginnenden Abschnürung der Augenblasen seinen Dimensionen und seinem ganzen Habitus nach, bei vierzehn Paar Urwirbeln.

Die letzte Figur dieser Tafel giebt einiges neue Detail. Die Anlage des Labyrinthbläschens ist auf der linken Seite als Grube wahrnehmbar. Unmittelbar hinter derselben sind zwei schmale Segmente angelegt, die an die quadratisch gestalteten Urwirbel in continuirlicher Reihe anschliessen und wahrscheinlich die Anlagen der beiden hinter dem Bläschen gelegenen Ganglien des Glossopharyngeus und Vagus darstellen. Der dunkle Fleck vor der Gehörblase und hart an diese anschliessend entspricht dem Ganglion acustico-faciale. —

Die Knickung, durch welche sich die Augenblasen abgrenzen, erstreckt sich, wie namentlich rechts zu sehen ist, auch auf die obere Wand des Vorderhirns. Am Hinterhirn sind secundäre Abtheilungen nicht deutlich ausgeprägt.

Es beginnt hier bereits eine leichte Drehung des Kopftheils, die linke Seite wendet sich abwärts gegen den Dotter, die rechte nach oben. —

Tafel 11. (XI.)

Rückenmark. Bildung des Herzens.

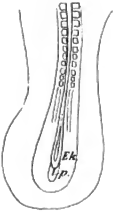
Fig. 61. Huhn. $\frac{10}{1}$.

Brütdauer 32 Stunden. Dieses Bild zeigt, dass die Bildung der offenen Medullarfurche sich auf die Endknospe fortsetzt. Hinter derselben ist ein kurzer scharfer Strich, der letzte Rest des Primitivstreifs.

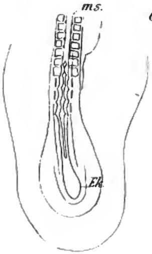
Gasser[1]) hat angegeben, dass die Anlage des Medullarrohres als offene Rinne nur bis zu einem Punkt des Primitivstreifs zu beobachten sei, der in unseren Figg. 49 und 50 der Tafel 9 als Convergenzpunkt der Rückenwülste gegen den Primitivstreif hervortritt. Weiter hinterwärts soll das Medullarrohr als solider Strang sich anlegen, in den hinein das Lumen sich geschlossen, gleichsam als Stollen vorschiebt. Dieser Angabe stimme ich im Wesentlichen zu, nur finde ich den Grenzpunkt beider Bildungsweisen beim Huhn nicht so weit nach vorn hin gelegen. An Stadien, die die Fig. 59 und 61 wiedergeben, habe ich mich mit völliger Sicherheit davon überzeugt, dass eine offene Furche sich auf die hier das Hinterende bildende Endknospe fortsetzt. Wenn der Embryo sich durch die Zellvermehrung in der Endknospe weiter nach hinten verlängert, erfolgt die Bildung des Lumens am Medullar-

[1]) Marburger Sitzungsbericht, 26. October 1877, und der Primitivstreif bei Vogelembryonen, pag. 85.

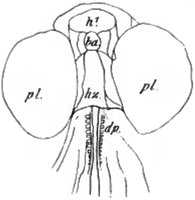
61.



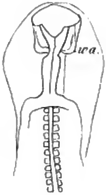
62.



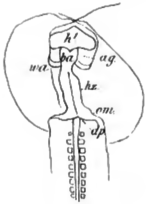
63.



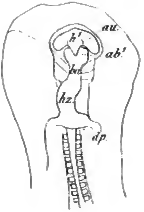
64.

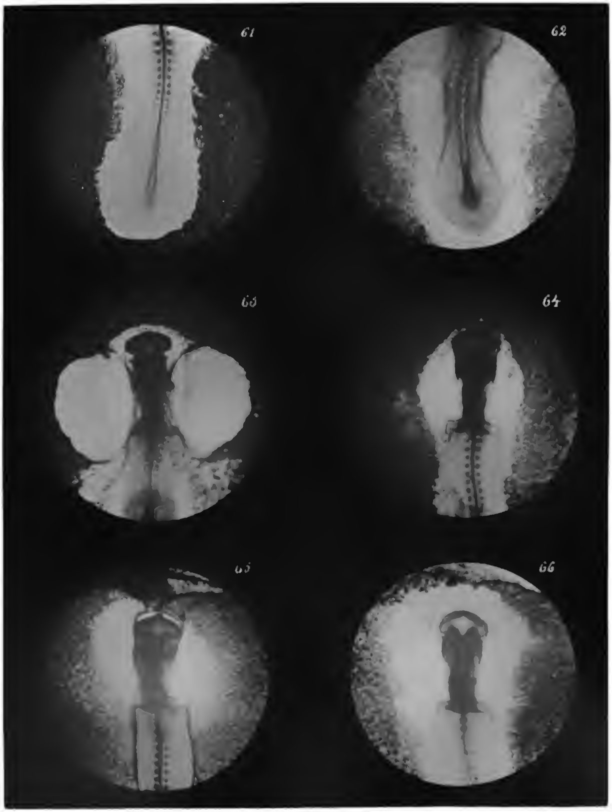


65.



66.





Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 11.

strange in der von Gasser angegebenen Weise. Man kann sagen, das hintere Ende des Medullarrohres bilde sich ichthyoïd, nach Art der Knochenfische.

Bei den Reptilien fällt der Grenzpunkt der beiden differenten Bildungsweisen mit der Stelle der Gastrula-Einstülpung zusammen. Ich denke, dass es sich bei den Vögeln wohl ebenso verhalten wird, nur ist dieser Punkt hier viel schwieriger zu finden.

Fig. 62. Sperling. $\frac{20}{1}$.

Das Medullarrohr ist hinter den Urwirbeln noch offen und auf einer kurzen Strecke deutlich gegliedert, indem ventrikelartig erweiterte Abtheilungen regelmässig aufeinander folgen. Den Erweiterungen entsprechen an den Seiten des Rückenmarkes Zacken, die zwischen die Urwirbel eindringen. Demnach liegen die Erweiterungen intermetamer. Auch bei geschlossenem Medullarrohr sieht man nicht selten solche regelmässig intermetamer gelagerte Ventrikel auf weiten Strecken desselben und gleicherweise Zacken, die sich zwischen die Urwirbel schieben. Ein solches Bild geben wir in Fig. 75, Taf. 13.

Deuten diese Zacken und ventrikelartigen Erweiterungen auf die Abgangsstellen der Nervenwurzeln und auf die Bildungsstellen der Spinalganglien?

Ich kann diese Frage noch nicht entscheiden und so sehr auch unsere Kenntniss von der Entstehung der Ganglien durch die Arbeiten von His, Hensen, Balfour, M. Marshall, Schenk und Kölliker gefördert ist, sie reicht doch nicht aus, um hierauf mit ja oder nein zu antworten. Es liegt ja sehr nahe, anzunehmen, dass eine in so früher Zeit sich ausprägende Metamerie des Rückenmarkes, die der Zahl nach den Metameren der Urwirbelplatten correspondirt, mit der Bildung der Ganglien, respective der Nervenwurzeln in ursächlicher Beziehung stehe, aber über diese Vermuthung hinaus kann ich nicht gehen.

Fig. 63. Möve. $\frac{17}{1}$.

Ventralansicht. Diese und die folgenden sechs Figuren illustriren eine Periode aus der Entwickelung des Herzens, von der Bildung der paarigen Anlagen an, bis zur Krümmung des einfachen Herzschlauchs. Dieses erste Bild hat aber nur die Aufgabe, die bedeutende Ausdehnung der Pericardialhöhlen bei der Möve zu illustriren. Das Herz selbst ist bei der Aufnahme schlecht ausgeprägt.

Fig. 64. Sperling. $\frac{17}{1}$.

Ventralansicht. Deutlicher sieht man das Herz hier. Es sind zu unterscheiden die beiden venösen Herzschenkel, die im Rande der vorderen Darmpforte gelegen sind. Dieselben gehen unter rechtwinkeliger Kniekung in den Herzschlauch über. Das Herz ist hinten enger, verbreitert sich nach vorn zu und setzt sich durch eine Einschnürung von einem davor gelegenen Abschnitte ab, dem Bulbus aortae. Eine scharf ausgeprägte Linie theilt den Herzschlauch der ganzen Länge nach in zwei

Hälften. Diese Linie ist bedingt durch das primordiale Septum des Herzens, das durch die Aneinanderlagerung der beiden gesonderten Endothelialschläuche entsteht. (cf. Kölliker, Entwickelungsgescichte pag. 149, Fig. 82.) Der Bulbus aortae liegt unter dem Mittelhirn und verdeckt dasselbe bei der Ventralansicht. Nach vorn gabelt sich der Bulbus in die beiden ersten Aortenbögen, die hart hinter den Seitentheilen des Vorderhirns aufwärts steigen.

Fig. 65. Sperling. $\frac{17}{1}$.

Ventralansicht. Der Herzschlauch (hz) hat seine Gestalt etwas verändert.

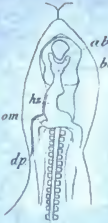
Die Basis desselben an der Einmündung der Venae omphalo-mesentericae (om) ist breiter geworden. Im Uebrigen sind die Verhältnisse dieselben wie in voriger Figur. Die Besonderheit dieses Bildes liegt in der Deutlichkeit, mit der die Wurzel der Kopfscheide des Amnios (wa) sich darstellt. Man sieht, dass das Vorderhirn und ein Theil des Bulbus aortae in die Amniosgrube (ag) hineinragen. Denselben dunklen Querstrich, der durch die Wurzel des Amnios bedingt ist, sieht man auch in voriger Figur, aber minder bestimmt.

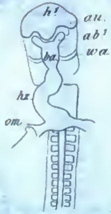
Fig. 66. Sperling. $\frac{12}{1}$.

Ventralansicht. Die Linie des primordialen Septum ist verschwunden, das Herz ist ein einfacher Schlauch geworden. Aber dieser Schlauch liegt nicht mehr median, sondern krümmt sich, indem derselbe die Convexität nach rechts wendet. — Die Theilung des Bulbus aortae in die beiden ersten Aortenbögen ist deutlich; man erkennt, dass dieselben hart hinter den Knickungen gelegen sind, durch welche sich die Augenblasen von dem Vorderhirn sondern.

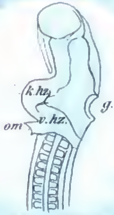
Taf. XII.

67.

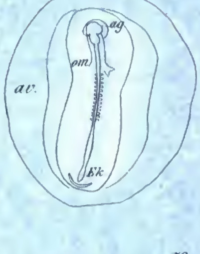




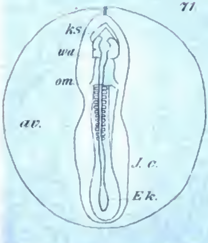
69.



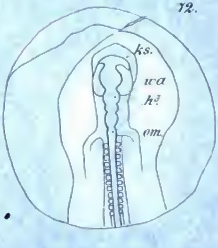
70.

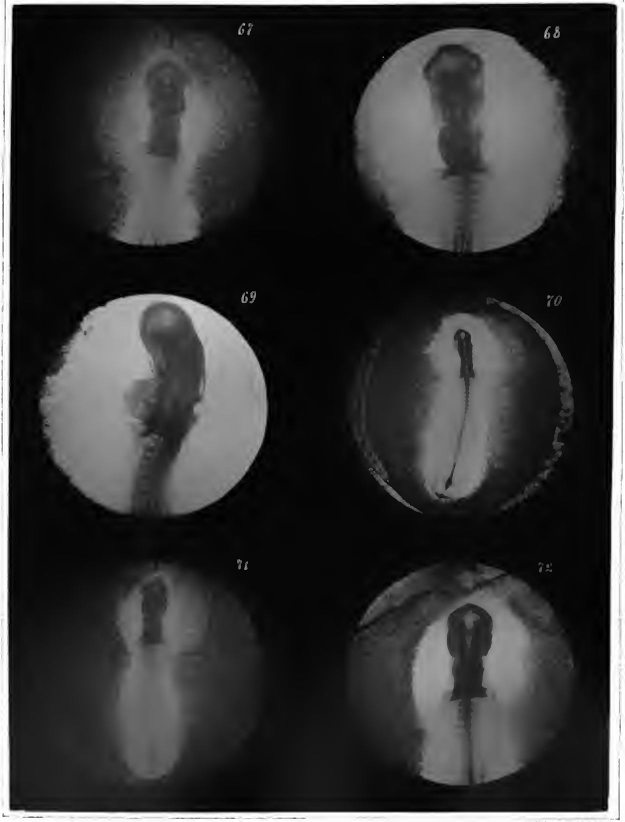


71.



72.





Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 12.

Tafel 12. (XII.)

Herz. Kopfscheide des Amnios.

Fig. 67. Sperling. $\frac{17}{1}$. Ventralansicht.

Die Krümmung des Herzens hat im Vergleich zu Fig. 66 zugenommen und wird S-förmig.

Fig. 68. Huhn. $\frac{27}{1}$. Ventralansicht. Brütdauer 32 Stunden.

Die Verhältnisse am Herzen sind ganz übereinstimmende mit denen beim Sperling in voriger Figur. Die Abschnürung des Bulbus aortae vom vorderen Ende des Herzschlauchs ist sehr deutlich, minder gut sind die Aortenbögen zu sehen.

Fig. 69. Huhn. $\frac{17}{1}$. Ventralansicht. Brütdauer 36 Stunden.

Die Ausbiegung des Herzens nach rechts hat sich noch mehr gesteigert und zugleich knickt sich der Herzschlauch am Scheitel der Krümmung, es entstehen so zwei gegen einander geknickte Abtheilungen, die Vorhofsabtheilung (vhz), die die Venae omphalo-mesentericae aufnimmt, und die Kammerabtheilung (khz), die sich in den Bulbus aortae fortsetzt. — Der Theil des Bildes vor dem Herzen ist unklar und lässt das Verhalten der Aorta nicht erkennen. Die Anlage des linken Labyrinthbläschens präsentirt sich deutlich als offene Grube. Endlich ist noch auf die zunehmende Krümmung des Kopftheils hinzuweisen.

Fig. 70. Sperling. $\frac{12}{1}$.

Dieses Bild sowie die nächsten zehn illustriren die Ausbildung der Kopfscheide des Amnios und die zunehmende Krümmung des Embryo, unter fortschreitender Entwickelung einzelner Theile. —

In dieser Fig. 70 liegt ein Embryo vor, der zwischen Hinterhirn und Intumescentia cervicalis zwölf Paar Urwirbel aufweist. Das Kopfende desselben taucht in die Amniosgrube (ag) hinein, deren scharfer Rand rechts von dem Embryo absteht, links dagegen begonnen hat, als Kopfscheide sich über den Embryo hinüberzuschieben, die linke Augenblase steckt bereits unter der Scheide.

Fig. 71. Sperling. $\frac{10}{1}$.

Ein wenig älterer Embryo als der vorige. Die Zahl der Urwirbel ist dieselbe. Die Kopfscheide ist weiter entwickelt; beide Augenblasen und ein Theil des Vorderhirns sind bedeckt.

Fig. 72. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Ungefähr dasselbe Stadium, wie in der vorigen Figur. Ausser den Augenblasen ist fast das ganze Vorderhirn bedeckt. Auch hier sind vier secundäre Abtheilungen am hinteren Stammbläschen aufgetreten, wie schon vorher bei den Figg. 54 und 57 hervorgehoben worden ist.

Tafel 13. (XIII.)

Amnios. Krümmung des Embryo. Kiemenspalten.

Fig. 73. Sperling. $\frac{16}{1}$.

Die Kopfscheide des Amnios bedeckt das Vorderhirn und zum Theil auch das Mittelhirn.

Fig. 74. Sperling. $\frac{18}{1}$.

Ein etwas älterer Embryo, als der vorige, mit dem Kopf in der Profilansicht vorliegend. Der fortrückende Rand des Amnios hat das Mittelhirn überschritten und geht auf das Hinterhirn über. — Der Vorderkopf, der sich zunehmend mehr in die Amniosgrube senkte und von der Kopfscheide überzogen wurde, hat sich rechtwinklig gegen den übrigen Leib geknickt. Der Scheitel des Knickungswinkels, der sogenannte Scheitelhöcker, fällt mit der Wölbung des Mittelhirns zusammen. Drei Kiemenspalten (km_1 km_2 km_3) sind als rundliche Oeffnungen zu sehen.

Fig. 75. Sperling. $\frac{10}{1}$.

Der freie Rand des Amnios ist als Rundbogen zu sehen, dessen Scheitel zwischen dem zweiten und dritten Kiemenspalt sich befindet. Es bedeckt das Amnios das ganze Hirn und den grössten Theil des Herzens.

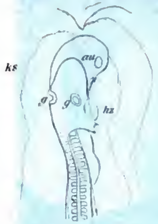
Die Knickung des Vorderkopfes hat sich gesteigert, zugleich krümmt sich der Embryo vom Mittelhirn bis zum Rückenmark bogenförmig. Es tritt ferner an diesem Bilde die Wirkung der Drehung des Embryo um die Längsaxe deutlich zum Vorschein, der vordere Theil ist gegen den hinteren um 90° gedreht und liegt ganz auf der linken Seite.

Am Rückenmarke sieht man die regelmässig den Intermetameren des Urwirbelsystems entsprechenden blasigen Erweiterungen, von denen bereits bei Fig. 62, Taf. 11 die Rede war.

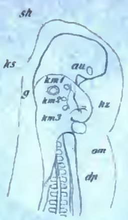
Fig. 76. Sperling. $\frac{20}{1}$.

Bei stärkerer Vergrösserung giebt dieses Bild ein etwas jüngeres Stadinm, als das vorige. Der freie Rand der Kopfscheide des Amnios liegt über der Gehör-

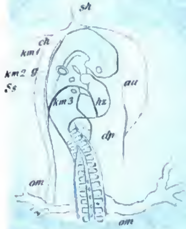
73



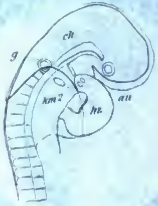
74



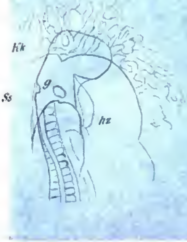
75



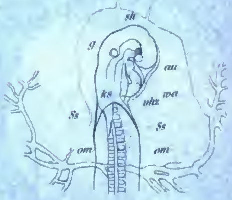
76



77



78





Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 13.

blase und zwischen dem ersten und zweiten Kiemenspalt. Der dritte Kiemenspalt ist undeutlich.

Das Bild ist aufgenommen worden, um einmal die Chorda dorsalis (ch) in ihrem Verlaufe durch die Bucht unterhalb des Mittelhirns zu demonstriren und zweitens die vordersten Urwirbel zur Anschauung zu bringen. Diese erstrecken sich nicht allein bis hart an das Gehörbläschen, sondern es sind vor diesem, wenn auch nicht besonders deutlich, noch zwei Segmente zu sehen.

Fig. 77. Sperling. $\frac{16}{1}$.

Das Amnios verhält sich ungefähr wie in Fig. 75, die Kopfscheide desselben deckt die Gehörgrübchen und das Herz. Allein als Decke des Kopfes findet man hier nicht nur die Kopfscheide, sondern noch die sogenannte Kopfkappe von Baer, jene gefässhaltige Haut, die man im Bilde die dorsale Seite des Vorderkopfes bekleiden sieht. Sie stellt einen Theil des Gefässblattes dar, das hier unterhalb der serösen Hülle eine Falte über den Kopf schlägt.

Fig. 78. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Nachdem die Kopfscheide in ihrem Vorrücken von vorn nach hinten das Herz überschritten hat, erheben sich auch zu den Seiten des Embryo Falten im Anschluss an den Rand der Kopfscheide, die Seitenscheiden (Ss). — Der Ausgangspunkt des Amnios an der Ventralseite des Embryo, oder die Amnios-Wurzel (wa), die sich bisher noch vor dem Herzen befand, ist hier auf das Herz gerückt, aber die Contour des Amnios hat bei der Aufnahme nicht die wünschenswerthe Schärfe erlangt. Zugleich lagert sich das Herz mehr quer, indem sich die Vorkammerabtheilung kopfwärts vorschiebt.

Den Fortschritt der Krümmungen illustriren in der Aufeinanderfolge die Figg. 74, 75 und 78. Während das Stirnende in Fig. 74 lateralwärts gerichtet ist, sieht es in Fig. 78 nach hinten, und um ein Entsprechendes hat sich der dem Mittelhirn correspondirende Scheitelhöcker vorgeschoben, und die Bogenkrümmung vom Mittelhirn bis zum Rückenmark sich gesteigert.

Tafel 14. (XIV.)

Amnios. Hinterdarm. Darmrinne.

Fig. 79. Sperling. $\frac{14}{1}$.

Die Krümmung des Vorderkörpers zeigt, bei Vergleichung dieses Bildes mit dem letzten auf der vorhergehenden Tafel, eine weitere Steigerung. Das Stirnende des Kopfes klemmt sich hier gegen das Herz, während dort noch ein Zwischenraum zwischen beiden war. Die Wurzel des Amnios ist über das Herz hinübergerückt und das Venenende des Herzens soweit vorgeschoben, dass das Herz fast quer liegt.

Fig. 80. Huhn. $\frac{14}{1}$. Brütdauer 49 Stunden.

Das Bild repräsentirt einen Hühnerembryo vom Anfange des dritten Tages. Das Auge (au) zeigt die Linsenbildung und den Choroidalspalt. Man erblickt ferner die Mundbucht (md) und hinter dieser vier Kiemenspalten (km^1, km^2, km^3, km^4). — Eigenthümlich ist die schräge Stellung des hintersten Spalts, die ich ähnlich bei Erdl[1]) abgebildet finde. Der erste Spalt ist in unserem Bilde nicht klaffend, sondern durch einen dunklen Strich ausgeprägt. Vom Herzen liegt der Kammertheil vor. An dem Amnios sieht man die Linie, in der die Seitenscheiden sich bereits verbunden haben, die sogenannte Amniosnath (N.). — Die dunklen Flecke vor dem Gehörbläschen sind durch Blut verursacht.

Fig. 81. Sperling. $\frac{16}{1}$. Ventralansicht.

Die vier Bilder 81—84 illustriren die Bildung des Hinterdarms. In dem ersten dieser Bilder ist noch kaum etwas von dieser Anlage zu erblicken, man sieht die Endknospe und hinten an diese anschliessend einen kurzen Rest des Primitivstreifs.

Fig. 82. Sperling. $\frac{14}{1}$. Ventralansicht.

Eine schmale bogenförmige Falte erhebt sich unterhalb der Endknospe, eine nach vorn offene flache Blindtasche bildend, die erste Anlage des Hinterdarms (hd). Caudalwärts davon ist der Rest des Primitivstreifs noch wahrnehmbar.

Fig. 83. Sperling. $\frac{14}{1}$. Ventralansicht.

Der Blindsack des Hinterdarms hat sich vergrössert, caudalwärts ragt die Endknospe ein wenig über diese Anlage hervor.

---

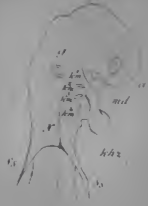
[1]) Erdl, l. c. Taf. XI, Fig. 2; Taf. X, Fig. 4.

Taf. XIV.

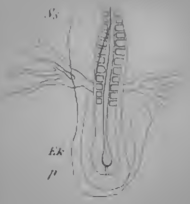
79



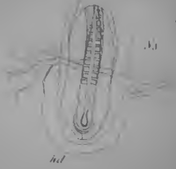
80



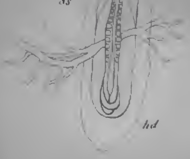
81



82



83

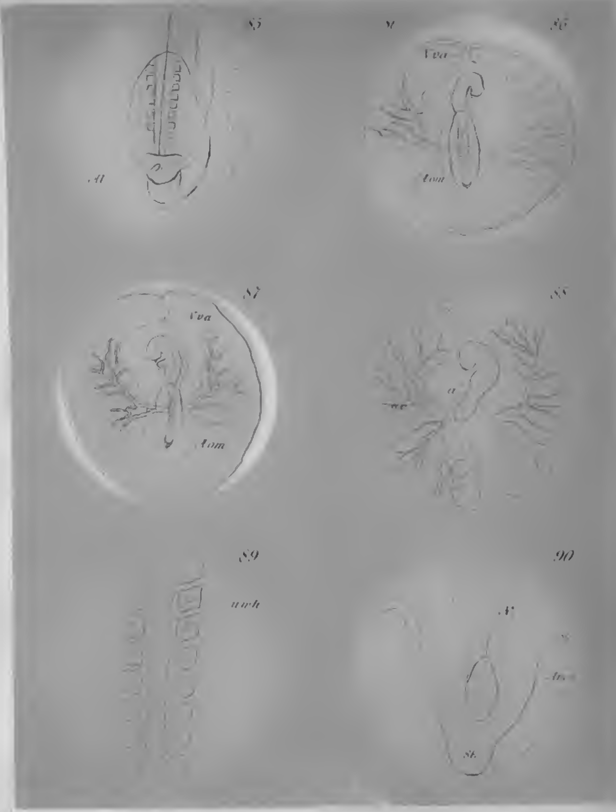


84





Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 14.


85
86
Vva
Aom
87
Vva
Aom
88
89
90
St.



Kupffer u. Benecke: Zur Ontogenie der Vögel. Taf. 15.

Fig. 84. Sperling. $\frac{14}{1}$. Ventralansicht.

Entspricht einem Hühnchen aus der zweiten Hälfte des dritten Tages.

Das Schwanzende hat sich frei abgehoben und ragt kielartig vor. Man sieht den Eingang in die Bucht des Hinterdarms, die hintere Darmpforte (hdp). An diese schliesst sich nach vorn die Darmrinne an (dr). — Die Stämme der beiden Arteriae omphalo-mesentericae treten an den Seitenwänden der Darmrinne hervor und ist diese an derselben Stelle etwas erweitert.

Tafel 15. (XV.)

Allantois. Gefässhof. Amniosnabel.

Fig. 85. Sperling. Ventralansicht.

Ventralwärts vom Schwanzende sieht man einen Höcker nnd in demselben zwei kleine Höhlen, die anscheinend paarige Anlage der Allantois. Die beiden Höhlen gehen durch Gabelung aus einem unpaaren Stiel hervor. Später verliert sich die Duplicität, es persistirt nur eine Allantoisblase.

Fig. 86. Sperling. $\frac{4}{1}$.

Embryo mit beginnender Bildung des Hinterdarms und ganzem Gefässhofe mit dem ausgebildeten System der Vasa omphalo-mesenterica. Den Abschlnss nach aussen bildet der annähernd kreisförmige Sinus terminalis (s. t.), der sich vorn, an der Kerbe des Umfanges, durch zwei Venae vitellinae anteriores (V. v. a.) gegen den Embryo hin fortsetzt. Diese beiden Gefässe sind nur auf kurzer Strecke zu sehen. — Im ganzen Bereich des Gefässhofes erblickt man das vollständige Netz der Capillaren dieses Systems, in das einerseits die aus dem Embryo hervortretenden Arteriae omphalo-mesentericae mit zahlreichen Zweigen eingehen, während das Netz andererseits ringsum mit dem Sinus terminalis durch radiär einmündende Aeste communicirt.

Fig. 87. Sperling. $\frac{4}{1}$. Ventralansicht.

Ein anderes Präparat desselben Stadinms. Es liegen die gleichen Verhältnisse vor, wie im vorigen Bilde. Man sieht das Gefässnetz auch auf das hintere Ende der Area pellucida sich erstrecken.

Fig. 88. Huhn. $\frac{3}{1}$. Brütdaner 68 Stunden.

Das Bild ist ein von dem vorigen etwas abweichendes, indem die Arteriae omphalo-mesentericae durch Venae vitellinae laterales begleitet werden. Beiderlei Gefässe sind von einander zu nnterscheiden, indem die Arterien leer waren und

weiss erscheinen, während die mit Blut gefüllten Venen in schwarzen Ramificationen sich präsentiren.

Fig. 89. Huhn. $\frac{20}{1}$.

Die mittlere Region der Urwirbel nebst Rückenmark. Der Druck der Platte entspricht leider nicht der Schönheit des Negativs.

Man sieht an mehreren Urwirbeln die Urwirbelhöhlen (uwh).

Fig. 90. Huhn. $\frac{10}{1}$. Brütdauer 70 Stunden.

Das Bild bietet eine Ansicht der Amniosbildung kurz vor Vollendung derselben. Die Seitenscheiden nnd die Schwanzscheide haben sich vereinigt und der Schluss der Faltenbildung über dem Rücken des Embryo ist soweit vollzogen, dass nur eine mässige elliptische Oeffnung über dem Hinterende noch den freien Durchblick auf den Rücken gestattet. Diese Oeffnung heisst Amniosnabel (anb). — Von dieser Oeffnung erstreckt sich eine Linie nach vorn, die Amniosnath (N), in der die Seitenscheiden zur Vereinigung gekommen sind.

Erklärung der Zeichen.

a.	Area pellucida.
ab'.	Vorderster Aortenbogen.
ag.	Amniosgrube.
Al.	Allantois.
anb.	Amniosnabel.
A. om.	Arteriae omphalo-mesentericae.
au.	Auge.
av.	Area vasculosa.
axf.	Axenfaden.
b.	Area opaca.
ba.	Bulbus aortae.
bp.	Prostoma (blastoporus).
c.	Schild.
ch.	Chorda dorsalis.
dp.	Vordere Darmpforte.
dr.	Darmrinne.
ef.	Embryonalfeld.
ef'.	Innenbezirk des Embryonalfeldes.
g.	Gehörorgan.
h.	Hirnanlage.
h'	vorderes } Stammbläschen des Hirns.
h''	mittleres } Stammbläschen des Hirns.
h'''	hinteres } Stammbläschen des Hirns.
hdp.	Hintere Darmpforte.
hz.	Herz.
Ic.	Intumescentia cervinalis.
k.	Kopffortsatz des Primitivstreifs.
kf.	Kopffalte (vordere Keimfalte).
khz.	Kammerabtheilung des Herzens.

kk.	Kopfkappe.
km^1, km^2, km^3, km^4	Erster bis vierter Kiemenspalt.
ks.	Kopfscheide des Amnios.
l.	Lunula.
lh.	Lippen des Hirnrohrs.
md.	Mund.
mf.	Medullarfurche.
mr.	Primäre Medullarrinne.
ms.	Medulla spinalis.
N.	Naht des Amnios.
om.	Venae omphalo-mesentericae.
p.	Primitivstreif.
pe.	Perikardium.
pr.	Primitivrinne.
Pz.	Parietalzone.
rw.	Rückenwülste.
s.	Sichel.
s^1, s^2	Erster, zweiter Spalt der Segmentplatten.
SE.	Schwanzende.
sh.	Scheitelhöcker.
Ss.	Seitenscheide des Amnios.
St.	Sinus terminalis.
Sz.	Stammzone.
Szs.	Schwanzscheide des Amnios.
u'.	Erster Urwirbel.
v. Af.	Vordere Aussenfalte.
vd.	Vorderdarm.
wa.	Wurzel der Kopfscheide des Amnios.

NOVA ACTA
der Ksl. Leop.-Carol.-Deutschen Akademie der Naturforscher
Band XLI. Pars I, Nr. 4.

Beobachtungen
der
Wärme in der Blüthenscheide
einer
Colocasia odora (Arum cordifolium).

Von

Oskar Hoppe,
Clausthal.

Eingegangen bei der Akademie den 24. October 1879.

HALLE.
1879.
Druck von E. Blochmann & Sohn in Dresden
Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Beobachtungen der Wärme*) in der Blüthenscheide einer Colocasia odora (Arum cordifolium).

Einleitung.

Das Jahr 1777 ist für die Pflanzenphysiologie von grosser Bedeutung geworden, da in demselben zuerst durch De Lamarck darauf aufmerksam gemacht wurde, dass (ähnlich wie im lebenden Thierorganismus) auch in den Organen der Pflanzen eine eigene, nicht durch die Temperatur der Umgebung bedingte Wärmebildung vorhanden sei. De Lamarck nahm diese eigenthümliche, zuvor noch nicht gekannte, besonders bei dem Spadix (Blüthenkolben) der Aroideen auffallende Wärmeentwickelung zuerst am *Arum italicum* wahr und veröffentlichte 12 Jahre darauf (1789) seine Wahrnehmungen, sowie

*) Lehrbuch der Botanik von Sachs. 1874. Vierte Auflage; pag. 693:
„Bei manchen Blüthen und Inflorescenzen ist die Bildung von Kohlensäure unter Einath-
„mung von Sauerstoff sehr energisch, zugleich durch geringere Flächenbildung der Organe
„und schützende Hüllen die Ausstrahlung der erzeugten Wärme vermindert, und in solchen
„Fällen werden dann sehr namhafte Temperaturerhöhungen der Gewebemassen beobachtet;
„so vor Allem am Spadix der Aroideen zur Zeit der Befruchtung, der (zumal bei warmer
„Luft) einen Temperaturüberschuss von 4—5° C., oft selbst von 10° C. und mehr er-
„kennen lässt . . . . ."

Siehe auch: Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. Sachs. Leipzig 1865; pag. 290 u. ff.

daran geknüpfte, später durch andere Forscher zum Theil bestätigte Vermuthungen in der

Encyclopèdie méthodique. Botanique. Par M. le Chevalier De Lamarck ancien Officier au Régiment de Beaujolois de l'Académie Royale des Sciences. Tome troisième. Paris (et Liège) 1789.

unter der Abtheilung:

Gouets on Aroides. 7. Gouet d'Italie, *Arum italicum.*

mit folgenden Worten[1]):

„Observ. Lorsque les chatons fleuris de cette plante ont acquis un „certain état de développement ou de perfection, époque où peut-être s'opère „la fécondation des fleurs dont ils sont garnis, ces chatons deviennent alors „chauds, au point de paroître presque brûlans, et ne sont point du tout à la „température des autres corps qui ont la même exposition à l'air. C'est un „phénomène que nous avons découvert il y a plus de dix ans (en 1777) „et que nous avons bien vérifié depuis par des observations faites avec soin.

„Ce qui prouve que la chaleur remarquable que nous avons trouvée „à ces chatons dans l'état particulier cité, leur étoit propre et s'étoit produite „dans leur substance, c'est que de plusieurs chatons dont la touffe que nous „examinions étoit composée, il ne s'en trouvoit qu'un ou deux à la fois qui „étoient chauds, comme nous venons de le dire, tandis que les autres chatons „étoient à la température des corps exposés à l'air; mais ces autres chatons „devenoient chauds chacun à leur tour, lorsqu' ils avaient acquis l'état capable „de développer en eux la chaleur remarquable que nous leur avons observée. „Cet état de chaleur sensible ne dure que quelques heures.

„Nous avons renouvelé cette observation plusieurs années de suite, et „le phénomène intéressant qu'elle nous fait connaître, s'est toujours rencontré „le même. Nous nous proposons de mesurer avec des thermomètres, le degré „de chaleur qui se produit dans cette partie d'un végétal vivant.“

---

[1]) De Lamarck's wichtige Entdeckung wird in manchen späteren, denselben oder einen nahe verwandten Gegenstand behandelnden Schriften, nur so ganz beiläufig erwähnt, oder gar negirt. Es schien mir deshalb nicht unpassend, die diese Entdeckung betreffenden eigenen Worte Lamarck's hier wieder einmal ins Gedächtniss zu rufen. —

(Dieses Vorhaben scheint L. nicht ausgeführt zu haben. Wenigstens habe ich nirgends Angaben gefunden, welche auf derartige durch Lamarck ausgeführte Quantitätsbestimmungen der Wärme hindeuten.)

„Nous en concluons (fährt L. fort) que les végétaux ne sont pas véri-„tablement privés durant leur vie de chaleur propre; mais que cette chaleur, „qui dépend sans doute de leur action vitale, et qui prend apparemment „divers degrés d'intensité, soit dans certaines de leur parties, soit dans cer-„taines époques de développement, est vraisemblablement si faible dans la „plupart des ces êtres, qu'elle échappe à nos facultés et à nos moyens de „l'appercevoir.

„Il est vraisemblable néanmoins que beaucoup de plantes pourront „encore présenter des phénomènes de cette nature, au moins dans les parties „destinées à leur reproduction, lorsqu' on les examinera dans leur plus grand „état de perfection ou de développement, et qu'on y apportera le soin et „l'attention convenables. Enfin, nous ne doutons pas, que les autres gouets, „et toutes les plantes de cette famille, n'offrent le même fait dans les mêmes „circonstances, quoique d'une manière plus ou moins marquée, selon l'épaisseur „plus ou moins grande de leur chaton."

De Lamarck spricht sonach schon 1789 die Vermuthung aus, dass ausser beim *Arum italicum,* die Kolben aller Pflanzen dieser Familie mehr oder weniger eine eigenthümliche Wärmeentwickelung während der Blüthezeit zeigen würden.

Am *Arum vulgare* (*Arum maculatum* L.) hat De Lamarck ebenfalls Beobachtungen vorgenommen und darüber in der Fl. française III, 538, ohne jedoch die Details anzugeben, berichtet.[1]) Wärmemessungen hat dieser Forscher jedoch nicht angestellt, wenigstens nicht bekannt gemacht.

Nach De Lamarck hat Jean Senebier am *Arum maculatum* mit dem Quecksilberthermometer Messungen der Wärme vorgenommen und die

[1]) Zeitschrift für Physiologie. Von Fr. Tiedemann, G. R. Treviranus und L. Ch. Treviranus. Band III. 1829; p. 265. (Hier, sowie in allen Fällen, in welchen mir die Originalquellen nicht zur Hand waren, habe ich das Werk angegeben, welches mich auf die Originalquelle hingewiesen hat.)

gewonnenen Resultate im Jahre 1800 veröffentlicht.[1]) Diese Messungen sind insofern noch von Bedeutung, indem sie zur Entdeckung der periodischen Schwankung der Kolbenwärme führen mussten.

Ich sage mussten; weil diese Wahrnehmung einem aufmerksamen Beobachter, welcher in kurzen Zeitintervallen die jeweilige Wärme des Kolbens mit der gleichzeitigen Temperatur der umgebenden Luft vergleicht, kaum entgehen konnte. Ferner gebührt Senebier noch das Verdienst, zuerst die Vermuthung ausgesprochen zu haben, dass die Kolbenwärme eine Folge der rapiden Verbindung des Sauerstoffes der Luft mit dem Kohlenstoff des Kolbens, also das Resultat eines Verbrennungsprocesses sei. Die Beobachtungen Senebier's am *Arum maculatum,* welche in dem unten angegebenen Werke[1]) unter der Frage: „Les végétaux ont-ils une chaleur propre?" veröffentlicht sind, lasse ich dem Wortlaut nach folgen, weil sie die ersten Quantitätsbestimmungen der neu entdeckten vegetabilischen Eigenwärme in gedrängter Kürze geben:

„Je pris quelques-unes de ces plantes *(a. mac.)* prêtes à fleurir; je „les mis dans l'eau, où elles s'épanouient, et je remarquai que la chaleur „commançait à se manifester quand l'enveloppe du chaton commençait à s'ouvrir, „et quand le chaton était sur le point de paraître. J'ai toujours observé „que cette chaleur se faisait sentir entre trois et quatre heures „après midi, et que son maximum était entre six et huit heures. „J'appliquai la petite boule d'un thermomètre sur ce chaton, et j'avais un autre „thermomètre à l'air, à côté de cette plante. Voici une des observations que „j'ai suivie et que j'ai répétée sur des arum plantés dans des vases mis „à l'abri de toute influence du soleil.

Heures.	Thermomètre sur le chaton.	Thermomètre à l'air.
3	16,°1	15,6
5	17,9	14,7
5¾	19,8	15,0
6¼	21,0	15,0
6¾	21,8	14,9
7	21,2	14,3
9¼	18,5	15,0
10½	15,7	14,0
à 5 heures du matin du lendemain.	14,1	14,1

[1]) Physiologie végétale par Jean Senebier. Tom troisième. Genèvres. 8. (1800) p. 314—316.

„Ces expériences permettent de soupçonner que la combinaison rapide „du gaz oxygène avec la matière charbonense du chaton qui noircit pendant „que cette chaleur se manifeste, est la cause de ce phénomène; il faudrait „faire fleurir un de ces arum sous un récipient, et l'on verrait si la quantité „de gaz oxygène a été considérablement diminuée, ou bien faire fleurir cette „plante sous un récipient plein de gaz oxygène, et l'on pourrait observer si „la floraison serait plus prompte, la chaleur plus vive, et même si l'on „n'appercevrait point de phosphorescence à l'obscurité.

„Ayant quitté la campagne, je n'ai pas pu facilement me livrer dans „le printemps a ce genre d'expériences.

„Il résulterait de tout ceci qu'il ne parait pas démontré que les végé„taux aient une chaleur propre; il semblerait même que les expériences dé„cisives n'ont pas encore été faites; les doutes augmenteront peut-être, si l'on „parvient à rendre raison de la chaleur qu'elles conservent par d'autres moyens.“ —

Ob die von Senebier am *Arum maculatum* beobachteten Erscheinungen, dass die Wärme erst zwischen 3 und 4 Uhr Nachmittags sich zeigt und ihr Maximum zwischen 6 und 8 Uhr Abends erreicht, durch die zufällige Lufttemperatur beeinflusst ist, oder ob jene ausgezeichneten Wärmewerthe stets an dieselben Tageszeiten gebunden sind, geht aus dem Gebotenen nicht genügend hervor. [1])

Nach meinen an *Arum cordifolium (Colocasia odora)* gemachten Beobachtungen ergiebt sich mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit, dass die Eigenwärme des Kolbens mehr oder weniger eine Function der Lufttemperatur ist, sogar durch künstliche Steigerung der letzteren erweckt werden kann, wenn sie noch nicht merklich war, dass dagegen die Differenz zwischen Kolben- und Lufttemperatur an eine bestimmte Tageszeit, bei der beobachteten *Colocasia*, an die ersten Stunden nach Mittag gebunden war. —

---

[1]) In der Arbeit von Dutrochet (1840), welche auch am Schlusse dieser Einleitung (p. 22) erwähnt ist, heisst es auf Seite 78: „Il résulte de là que l'heure du maximum normal de la chaleur vitale du spadice n'est point la même chez les différens individus, et qu'elle varie de huit heures du matin à midi.

Es sei hier noch kurz erwähnt, dass schon vor Senebier's Publicationen, bald nach Lamarck's Entdeckung Hunter (1778) [Philosoph. transact. LXV. et LXVIII.][1]), später Schoepf (1783) [Naturforscher. 23][2]), dann Salomé [Annales de Chimie. Tome 40, p. 113], Hermbstaedt [Magaz. naturforschender Freunde zu Berlin. Tome 1, p. 316][3]), Halder[3]), Neuffer[4]) und m. A. darüber sich ausgelassen haben, ob den Vegetabilien (Stämmen lebender Bäume etc.) überhaupt eine eigenthümliche Temperatur zukomme, oder nicht.

Desfontaines nahm durch einfaches Berühren wahr, dass mehrere *Arum* in ihrem Spadix eine ziemlich hohe Wärme zeigten und veröffentlichte diese Beobachtungen im Jahre 1800 [Fl. atlant. Tome II, p. 328][5]).

Gmelin et Schweykert [Fl. badensis, Tome III, p. 585] versichern, die Wärme des *Arum italicum* mehr denn 18 Jahre vor ihrer Veröffentlichung (1808), und lange Zeit vor den Veröffentlichungen Lamarck's, beobachtet zu haben.[5])

Bernhardi [Similitudines inter reg. anim. et vegetabile de generatione intercedentes; Römer's Arch. f. d. Botan. III. 447] beobachtete die Blüthenwärme an mehreren, zum Theile nicht namhaft gemachten Gewächsen.[6])

Im Jahre 1804 publicirte Bory de Saint Vincent in unten genanntem Werke pag. 68—80[7]) die Beobachtungen, welche Hubert auf der Insel Bourbon an vielen Kolben des *Arum cordifolium (Colocasia odora)* gemacht und ihm mitgetheilt hatte. Bory erzählt, dass die erblindete Mutter Hubert's

---

1) Physiologie végétale. Senebier. Tome troisième. 8. pag. 305.

2) Ibidem pag. 310.

3) Beobachtungen über die Temperatur der Vegetabilien. Inauguraldissertation von Halder. Tübingen 1826.

4) Untersuchungen über die Temperaturveränderungen der Vegetabilien. Inauguraldissertation. Tübingen 1829.

5) Siehe Annales des Sciences naturelles. Seconde série. Tome XIII. Botanique 1840, pag. 65.

6) Zeitschr. f. Physiologie von Fr. Tiedemann, G. R. Treviranus und L. Ch. Treviranus. III. Band, pag. 265.

7) Voyage dans les quatre principales îles des mers d'Afrique. Tome II. Paris. An XIII (1804).

durch Betasten einer Colocasiablüthe die derselben entströmende brennende (brûlant) Wärme wahrgenommen habe. Hubert untersucht in Folge die Erscheinung und findet, dass die Blüthen besonders gegen Sonnenaufgang eine sehr bedeutende Eigenwärme zeigen. Hierauf werden von ihm 5 Kolben, welche sich in der vorhergehenden Nacht entfaltet haben, so um ein Thermometer gebunden, dass die Kugel desselben ganz dadurch eingehüllt ist. Bei Sonnenaufgang zeigt hierbei das zum Vergleich dienende Thermometer 19° (C.?); dasselbe erhält sich auf dieser Höhe noch um 6 Uhr, während das andere auf 44° steigt. Um 8 Uhr Morgens zeigt das erstere 21°, das andere ist gefallen auf 42°. Die Wärme der Spadices vermindert sich allmählich bis 9 Uhr Abends auf 28°, während das freie Thermometer sich auf 21° erhält.

Seite 69 berichtet Hubert wörtlich:

„Je suis parvenu à disposer douze fleurs d'arum autour du thermomètre, „et toujours un quart d'heure avant le lever du soleil: le maximum de la „chaleur a été de $49\frac{1}{2}$°." —

Ob hier und bei den übrigen Messungen unter den Graden Centesimalgrade verstanden sind, ferner wie hoch bei den letzten Beobachtungen die Lufttemperatur war, ist nicht angegeben.

Die von Hubert beobachteten Maxima der Kolbenwärme sind die höchsten, welche überhaupt je beobachtet wurden. —

Von anderen Experimenten erzählt Hubert:

Seite 69 und 70:

„J'ai fendu en deux, dans leur longeur, cinq spadices que j'ai appliqués „contre le thermomètre dans le sens de leur section; le maximum de la chaleur „a été de 42°. Cette expérience plusieurs fois répétée, m'ayant fait présumer „que la moelle des spadices donnai aussi de la chaleur,[1] . . . . . ."

Seite 71:

„Après avoir coupé l'extrémité de six spadices, j'ai lié les parties „mâles seulement autour du thermomètre; le maximum n'a été qu'à 41°; „l'instant de ce maximum a été vers une demi-heure après le lever du soleil; „la chaleur a duré bien plus longtemps, car le thermomètre se tenait encore

[1] Durch später angestellte Versuche (pag. 72) überzeugt sich Hubert jedoch, dass nicht der Kern (moelle), sondern die Hülle der Spadices der Sitz der Eigenwärme sei. —

„le lendemain, vers la pointe du jour à 30°, et le soir à neuf heures il était „à 24°, lorsque celui de comparaison n'était qu'à 18°.

„Six parties femelles des fleurs de gouet n'ont élevé le thermomètre „qu'à 30°, souvent qu'à 28°."

Von Interesse sind noch diejenigen Experimente Hubert's, welche die Gegenwart der Luft zur Entwickelung der Eigenwärme als nothwendig erscheinen lassen.

Dagegen sind wahrscheinlich die Versuche, welche Hubert veranlassen pag. 79 zu behaupten:

> „enfin dans l'air inflammable des marais, les spadices ont conservé „leur chaleur."

ungenau ausgeführt.

Bezüglich der übrigen Untersuchungen Hubert's muss ich auf die vorhin (pag. 204) citirte Quelle (Bory etc.) verweisen, in welcher der sehr lesenswerthe Bericht Hubert's an Bory wörtlich wiedergegeben ist.[1])

Nach Hubert zeigen alle die von ihm beobachteten Colocasiablüthen das Wärmemaximum bei Sonnenaufgang. Zu demselben Resultate haben mich meine mehrere Tage an dem Blüthenkolben ein und derselben *Colocasia* angestellten Beobachtungen nicht geführt. — Nach meinen Versuchen hat sich ergeben, das das Maximum der Blüthentemperatur im Allgemeinen coincidirt mit dem Maximum der Lufttemperatur. Am 12. Juni, dem dritten Tage nach Eröffnung der Blüthenscheide (Tab. IIIa) fanden sogar zwei Maxima der Blüthenwärme statt:

das erste 10^h Morgens bei 18,8° C. Lufttemperatur (No. 36),
das zweite 3^h 45 Nachmitt. „ 18,9° C. „ (No. 56).

Beide fallen, wie ein Blick auf die Tabelle ergiebt, zusammen mit den höchsten Lufttemperaturen.

In einem etwa 20 Jahre nach den Veröffentlichungen Hubert's von Théodore de Saussure verfassten Aufsatze:

---

[1]) Hubert war „Colon" und nicht Gelehrter par excellence; es sind deshalb der Eifer und das Geschick, mit welchen H. die Erscheinungen verfolgte, um so bewundernswerther. —

„De l'action des fleurs sur l'air, et de leur chaleur propre“[1]) finden wir pag. 286:

„La chaleur des arum n'est pas toujours très-facile à observer; j'entre-„tiens depuis douze ans, près de Genève, plusieurs pieds d'arum italicum, qui „est une espèce dont l'effet calorifique n'est pas douteux; elle a fleuri tous les „printemps, mais sans présenter aucune élévation de température, probablement „parce que ces plantes n'ont jamais fructifié sur ce sol. L'action de ces fleurs „froides d'arum sur l'air n'a présenté aucun résultat remarquable, c'est à dire „qu'elles ont détruit, dans vingt-quatre heures, cinq ou six fois leur volume „de gaz oxigène.“

Ich wage selbstverständlich nicht die Genauigkeit der Beobachtungen eines Saussure anzuzweifeln; halte es aber für wahrscheinlich, dass sich die Eigenwärme wegen der gleichzeitig in der Blüthe vorhandenen abkühlenden Einflüsse der Beobachtung entzogen hat. Möglicher Weise war auch während der Beobachtungen, welche im Freien[2]) angestellt wurden, die Luft zu bewegt oder die Temperatur der äusseren Luft eine zu niedrige und würde eine künstliche Erhöhung derselben die Eigenwärme in der Blüthe bis zur Wahrnehmung gesteigert haben. Man vergleiche hiermit meine Beobachtungen an der *Colocasia odora* pag. 232 (13. Juni).

Saussure fährt pag. 286 fort:

„L'espèce d'arum désignée sous le nom d'arum maculatum croît et „fleurit en abondence dans la plupart des haies des environs de Genève. „J'examine depuis plusieurs années ces fleurs, et je n'en ai ren-„contrée que quatre qui fussent chaudes, ...“

pag. 287:

„J'ai divisé en trois parties un autre arum maculatum en état de „chaleur: la première section ne comprenait que le cornet ou la spathe; la „seconde division comprenait la masse ou le spadice coupé au dessus des „organes génitaux; la troisième section ne renfermait que la partie cylindrique

---

[1]) Annales de Chimie et de Physique par Gay-Lussac et Arago. Tome XXI. Septembre 1822.

[2]) Nach meinen Erfahrungen können die Messungen der Wärme des Spadix nur zuverlässige Resultate geben, wenn die Blüthe gegen jeglichen Luftzug gesichert wird.

„du chaton qui porte les organes sexuels. Elles ont été renfermées séparé-„ment pendant vingt-quatre heures dans trois récipiens qui contenaient chacun „mille centimètres cubes d'air. Le cornet (spathe) n'a détruit que cinq „fois son volume de gaz oxigène.

„La massue (Keule) en a détruit trente fois son volume. La „partie du chaton qui porte seulement les organes sexuels en „a détruit cent trente-deux fois son volume.

„J'ai obtenu à plusieurs égards, des résultats analogues aux précédens, „avec le guet serpentaire, arum dracunculus, qui est originaire des îles „Baléares . . . . . ."

Diese, sowie die in demselben Aufsatze noch niedergelegten, hier aber weiter nicht erwähnten, besonders am *Arum maculatum* gemachten Beobachtungen Saussure's, welche noch weit werthvoller sein würden, wenn sie von Wärmemessungen begleitet wären, bestätigen die Vermuthung Senebier's, dass die vom Spadix entwickelte Eigenwärme die Folge eines Verbrennungsprocesses, nicht unähnlich demjenigen im thierischen Organismus, ist.

Im Jahre 1828 beobachtete Schultz im Gewächshause des Botanischen Gartens zu Berlin ein *Caladium pinnatifolium* und fand in dessen Blüthe einen Wärmeüberschuss von 4 bis 5° (C.?) über die Temperatur der Umgebung, welche zur selben Zeit 15° betrug.[1])

Unbegreiflich ist, dass 1829 der Breslauer Professor L. C. Treviranus in seiner Abhandlung: „Entwickelt sich Licht und Wärme beim Leben der Gewächse?"[2]) pag. 268 zu dem Schlusssatz kommt:

„Ich glaube demnach, soweit meine Erfahrungen bis jetzt reichen, über-„wiegende Gründe dafür zu haben, dass bei den Pflanzen keine Ent-„wickelung von Licht und Wärme als Resultat des Lebensprocesses „Statt habe."

Noch dazu ist dieser Schlusssatz das Resultat anscheinend sorgfältiger Forschung; denn pag. 266 führt T. an, dass er zwar nicht auf die Details

---

[1]) Ann. des Sciences naturelles. Seconde série. Tome XIII. 1840, p. 66. Siehe auch Lehrbuch der Bot. von Dr. G. W. Bischoff. Allgem. Botanik. II. 1836, p. 449.

[2]) Zeitschrift für Physiologie von F. Tiedemann, G. R. Treviranus und L. Ch. Treviranus. 3. Band. 1829, pag. 257—268.

seiner Versuche eingehen wolle, die er in einem Zeitraume von drei Jahren an *Arum divaricatum, dracunculus, pedatum, sagittifolium fornicatum, trifoliatum*, an *Caladium bicolor* und *viviparum*, an *Calla aethiopica*, an *Pothos crassinervis, lanceolata, digitata, violacea* und *cordifolia* angestellt habe; aber seine Versuche seien zu den verschiedenen Zeiten des Jahres, theils in den Wintermonaten im warmen Zimmer, theils zur Sommerzeit bis in den Herbst, sowohl im Glashause als in freier Luft unternommen und in der Weise geführt, dass er den Kolben (Spadix) vom Anfange des Oeffnens der Scheide an, wo die Antheren meistens noch eine Zeit lang geschlossen bleiben, bis zu geendigter Ausstossung des Pollen und welkender Scheide beobachtet habe u. s. w. u. s. w. „Das Ergebniss zahlreicher Beobachtungen dieser Art", sagt T. wörtlich, „war nun sonder Ausnahme verneinend; niemals gab das Thermometer „eine Erhöhung der Temperatur an, wenigstens keine andere, als eine höchst „unbedeutende von einem halben oder ganzen Grade, dergleichen ein, durch „geringfügige Ursachen, z. B. die blosse Nähe oder das Athmen des Beobach-„ters, gestörtes Gleichgewicht der Wärme zuweilen schon hervorzubringen vermag."

Die Versuche T.'s, bei denen neben dem Quecksilberthermometer auch Fingerspitzen, Lippen und Zungenspitze als Wärmemesser benutzt wurden, sind nicht vertrauenerweckend.[1])

Negative Beobachtungen derselben Art wurden durch Goeppert am *Arum pedatum, brasilicum, divaricatum, pictum, orixense* und *fornicatum*, sowie am *Caladium tripartitum* und *helleborifolium* gemacht und 1830 veröffentlicht. [Ueber Wärmeentwickelung in den Pflanzen. Breslau 1830] [2]).

Zwei Jahre später (1832) erklärte Goeppert, dass er an den männlichen Blüthen des Kolbens von *Arum dracunculus* einen Temperaturunterschied

---

[1]) Ich will nicht gelehrter erscheinen, als ich bin, gestehe deshalb offen, dass ich kein Botaniker bin und dass ich von Alledem, was ich heute, nachdem meine Beobachtungen bereits seit mehreren Monaten druckfertig abgeschlossen waren, noch nachträglich als Einleitung hinzufüge, recht wenig gewusst habe. Es muss mich demnach um so mehr in Erstaunen setzen, dass T. mit seinen Hilfsmitteln eine Erscheinung nicht erkannt hat, welche mich von meinen ersten schüchternen Versuchen an sofort so sehr überrascht und gefesselt hat, wie keine Andere je zuvor. —

[2]) Ann. des sciences natur. Seconde série. Tome XIII. Botanique 1840, pag. 66.

von 14° (?) über die Temperatur der Atmosphäre gefunden habe. [Ueber Wärmeentwickelung in der lebenden Pflanze. Wien 1832, pag. 25][1]).

Im Jahre 1834 beobachtete Adolf Brongniart eine in dem Treibhause des Jardin des Plantes zu Paris blühende *Colocasia odora*. [Nouvelles Annales du Muséum d'Histoire naturelle. Tome III, pag. 145][2]). Er beobachtete an dem Spadix eine Wärme, welche sich 11° C. über die Temperatur der umgebenden Luft erhob und fand, indem er die Entwickelung dieser Wärme von der Entfaltung der Blüthenscheide bis zu deren Verwelken, das nach sechs Tagen eintrat, verfolgte, dass die Eigenwärme des Kolbens einem täglich wiederkehrenden „Paroxismus" (oder fièvre quotidienne, wie Brongniart diese Erscheinung auch nennt) unterworfen war, dessen Maximum an den vier ersten Tagen Abends, an den beiden letzten Tagen Morgens eintrat.

Eine analoge Erscheinung hatte auch schon Senebier (siehe Seite 202 dieses Aufsatzes) beobachtet.

Ferner fand Brongniart, dass die Wärme des Kolbens von seiner Basis, wo die weiblichen Blüthen sich befinden, nach der Spitze zu steigt. Sämmtliche Beobachtungen Brongniart's sind mit gewöhnlichen Quecksilberthermometern angestellt.

Im Jahre 1836 veröffentlichten G. Vrolik und W. H. de Vriese[3]) ihre an mehreren Blüthen einer *Colocasia odora* mit Quecksilberthermometern[4]) vorgenommenen Wärmemessungen. Hierbei waren mehrere Thermometer im Saale, andere so aufgehangen, dass deren Kugeln an verschiedenen Stellen den Blüthenkolben gleichzeitig berührten. Die Forscher deuten zunächst an,

---

[1]) Ann. des sciences natur. Seconde série. Tome XIII. Botanique 1840, pag. 67. Siehe auch: Sachs, Handbuch der Exp.-Physiologie der Pflanzen, 1865, pag. 296; Bischoff, Lehrbuch der Botanik. Allgem. Bot. II. 1836, pag. 449.

[2]) Ann. des sciences nat. Tome XIII, pag. 67.

[3]) Recherches sur l'élévation de la température du spadice du *Colocasia odora* (*Caladium odorum*), faites dans le jardin botanique d'Amsterdam par G. Vrolik et W. H. de Vriese. Ann. des sciences nat. Sec. série. Tome V. 1836.

[4]) Später, 1839, von denselben Forschern mittelst eines thermoelektrischen Apparates angestellte Beobachtungen sind Seite 216 u. ff. dieses Aufsatzes erwähnt.

dass die *Colocasia odora (Caladium odorum)* wohl identisch sei mit dem von Hubert beobachteten *Arum cordifolium.* — Die Blüthe entwickelte bei der Entfaltung einen Geruch nicht unähnlich dem der frischen Ananasfrucht. Ich halte den Vergleich für sehr passend, füge nur noch hinzu, dass in meinem ziemlich kleinen Beobachtungszimmer der der Blüthe entströmende Geruch fast betäubend wirkte. —

Der erste Blüthenkolben zeigte an seinem Gipfel im Augenblicke der Ausstreuung des Pollens 2,2 ° C. mehr Wärme als die Luft des Beobachtungssaales: und diese Differenz war gleichzeitig das Maximum des Temperaturunterschiedes zwischen Blüthe und Luft. Bei der zweiten und den übrigen beobachteten Blüthen zeigte sich Nachmittags ein Wachsen, gegen Abend ein Abnehmen der Temperatur der Blüthenkolben. Bei der zweiten Blüthe, deren Scheide sich am 28. April entfaltete, trat am 30. April 3 Uhr Nachmittags der Maximal-Wärmeüberschuss von 7,2 ° C. ein. Am 1. Mai in den Nachmittagsstunden von 2 bis 5 Uhr fand Auswerfung des Pollens statt. In derselben Zeit wurde nur ein Maximum von 6,7 ° C. beobachtet. Am 2. Mai erhob sich Morgens 9 Uhr die Wärme des Kolbengipfels „presque tout d'un coup" bis zum Maximum (des Wärmeüberschusses) 8,9 ° C.[1]). Am 3. Mai 2 Uhr Nachmittags betrug die Maximaldifferenz 7,8 ° C.

Bei einer dritten Blüthe, welche sich am 10. Mai öffnete, wurde am 11. der Pollen ausgestreut, hatten am 12. Mai Morgens 6 Uhr die Luft und der Gipfel des Kolbens fast dieselbe Temperatur (15,0 und 15,6 ° C.), fand Mittags 12 $^1/_2$ Uhr desselben Tages das Maximum des Wärmeüberschusses

---

[1]) Diese Zahl ist der Tabelle pag. 143 entnommen, im Text steht 6,7 ° C. Die rapide Erhöhung der Kolbenwärme ist wahrscheinlich der bedeutenden in der Tabelle angegebenen Temperaturzunahme der umgebenden Luft von 12,2 auf 17,2 ° zuzuschreiben. Nun erscheinen mir meine am 14. Juni gemachten, auf Seite 234 u. ff. geschilderten und in der dazugehörigen Tabelle resp. in dem beigefügten Diagramme übersichtlich dargestellten Beobachtungen (welche schon längst abgeschlossen waren, ehe ich diese von Vrolik und De Vriese gemachte Wahrnehmung kannte) um so interessanter. Ich habe dort der eigenthümlichen Erscheinung erwähnt, dass durch künstlich herbeigeführte Schwankungen der Lufttemperatur die Blüthentemperatur in gleichem Sinne, aber mit noch grösserer Beschleunigung schwankt und zwar nicht allein rascher steigt während des Steigens der Lufttemperatur, sondern sonderbarer Weise auch mit grösserer Energie fällt in den Zeiträumen, in welchen die Lufttemperatur fällt.

von 8,3 ° C. bei 28,9 ° C. Temperatur des Gipfels und 21,1 ° C. Lufttemperatur statt.[1])

Dasselbe fiel **nicht** zusammen mit den Maxima der Kolben resp. Lufttemperatur dieses Tages, welche mit 30,6 ° C. bezw. 27,8 ° C. sich erst Nachmittags 4 $^1/_2$ Uhr zeigten. —

Am 13. Mai wurde eine ähnliche Erscheinung als Tags zuvor beobachtet. Es war Mittags

12 $^1/_2$ Uhr	die Temperatur des Kolbengipfels	20,0 ° C.,
„	„ der Luft . . .	18,3 ° C.,
	also der Wärmeüberschuss nur .	1,7 ° C.,

dagegen war Nachmittags

2 Uhr	die Temperatur des Kolbengipfels	31,1 ° C.,
„	„ der Luft . . .	21,1 ° C.,
	also der Wärmeüberschuss . .	10,0 ° C.

Dieser Wärmeüberschuss (10,0 ° C.) war das Maximum dieses Tages. Eine halbe Stunde später (2 $^1/_2$ Uhr) fand das Maximum der Temperatur des Kolbengipfels mit 38,8 ° C. statt, wiederum nach einer halben Stunde, also um 3 Uhr, erschien das Maximum der Lufttemperatur dieses Tages. Eine vierte Blüthe ergab negative, der Beobachtung unwerthe Resultate.

Bezüglich des Auswerfens des Pollens äussern die beiden Beobachter:

„Cette émission semble avoir lieu d'autant plus vite, que la chaleur „de l'air est plus élevée.“ —

Leider haben die Forscher ihre täglichen Beobachtungen nur bis 10 Uhr Abends fortgeführt. Vielleicht würden, wie bei meinen Beobachtungen, regelmässige während der Nacht angestellte Messungen ein Wärmeüberschuss-**minimum** um die Nachtzeit ergeben haben.

---

[1]) Höchst sonderbar ist, dass

12 Uhr	die Gipfeltemperatur	21,1 ° C.,
„	Lufttemperatur	21,1 ° C.,
	also der Ueberschuss	0,0 war,

während doch eine halbe Stunde darauf, also 12 $^1/_2$ Uhr, der bereits oben angegebene Werth, nämlich die Gipfeltemperatur 28,9 ° C., bei **unveränderter** Lufttemperatur 21,1 ° C. sich zeigte.

Raspail sucht in seinen Publicationen vom Jahre 1837 [Nouveau système de physiologie végétale et de botanique. 2 vol. Paris 1837. II. 213—227][1]) die am Blüthenkolben der *Colocasia odora* beobachtete Wärme auf einen rein physikalischen Vorgang zurückzuführen. R. nimmt an, dass (ähnlich wie bei einem parabolischen Hohlspiegel) die an der inneren Wandfläche der Blüthenscheide eintreffenden Wärmestrahlen reflectirt und nach dem Blüthenkolben hin gesammelt würden. Schon die Experimente Hubert's, welche die Eigenwärme bei einem nicht mit der Scheide im Zusammenhange stehenden Kolben nachweisen, hätten R. überzeugen sollen, dass seine gekünstelte Hypothese unhaltbar ist. Die im Jahre 1839 durch Vrolik und de Vriese[2]) an dem Kolben einer *Colocasia odora*, deren Blüthenscheide entfernt war, angestellten Messungen, widerlegen auf das schlagendste die Behauptung Raspail's.

Im Jahre 1838 wurden durch Van Beek und Bergsma[3]) mit Hilfe eines thermo-elektrischen Apparates[4]) Wärmemessungen an der Blüthe der *Colocasia odora* ausgeführt. An dem zweiten und dritten Tage nach der Entfaltung der Scheide, den beiden ersten Tagen der Messungen, führten die Beobachter die Nadel nahe dem Gipfel des Kolbens ein und beobachteten, was schon Brongniart gefunden und Vrolik und De Vriese bestätigt hatten:

> „deux périodes d'augmentation et de diminution de temperature très „remarquables.“

Es wurden deshalb nach dieser Richtung hin die Beobachtungen nicht weiter fortgesetzt.

---

1) Ann. des sciences nat. Seconde série. Tome XI. 1839, pag. 66, Anm. 1.

2) Idem, pag. 68 u. ff.

3) Observations thermo-électriques sur l'élévation de température des fleurs de *Colocasia odora* par A. Van Beek et C. A. Bergsma. Utrecht 1838.

4) Bei diesem Apparate sind sehr feine, aus zwei Metallen (Platin und Stahl) bestehende, in einem Punkte zusammengelöthete Nadeln mit einem sehr empfindlichen Galvanometer verbunden. Die Nadeln werden in den zu untersuchenden Körper eingeführt, und es wird aus dem resultirenden Ausschlag des Galvanometers auf die Temperatur des Körpers geschlossen. Becquerel und Brechet sollen mit Hilfe dieses Apparates zuerst die relative Wärme des venösen und arteriellen Blutes untersucht haben.

Am ersten dieser beiden Tage erfolgte:

um 3 Uhr Nachm.	das Maximum der Kolbentemperatur		= 35,49 ° C.,
	bei gleichz. „	„ Lufttemperatur	= 21,11 ° C.,
	und „ „	des Temperaturüberschusses	= 14,38 ° C.

Am zweiten Tage erschien:

um $3^1/_2$ Uhr Nachm.	das Maximum der Kolbentemperatur		= 42,98 ° C.,
	bei gleichz. „	„ Lufttemperatur	= 21,11 ° C.,
	und „ „	des Temperaturüberschusses	= 21,87 ° C.

Es coincidiren also nach diesen Beobachtern die Maxima der Luft- und der Kolbentemperatur mit dem Maximum des Wärmeüberschusses, was meine Versuche (wie ein Blick auf die Tabelle zeigt) nicht ergeben haben. Dagegen stimmen obige Resultate insofern mit denjenigen überein, zu welchen meine Beobachtungen geführt haben, als bei mir das Maximum des Temperaturüberschusses auch (sogar trotz verschiedener obwaltender Umstände) stets in den ersten Stunden nach Mittag erfolgte. Bemerkenswerth ist der beobachtete Wärmeüberschuss von 22 ° C., wohl der höchste, welcher in den gemässigten Klimaten beobachtet wurde, denn Brongniart fand (1834) nur 11° C., Vrolik und De Vriese ermittelten 10 ° C.

Van Beek und Bergsma wollen im Gegensatz zu Brongniart's Beobachtungen in den männlichen Blüthentheilen eine höhere Wärme als in den oberen Partieen des Kolbens gefunden haben. Wenig unterhalb der Stelle, an welcher ich bei meinen sämmtlichen Beobachtungen (siehe Seite 220 nebst zugehöriger Figur) die Thermometerkugel angelegt habe, soll nach denselben Forschern die Eigenwärme des Kolbens eine sehr unbedeutende sein.

Daraus mag sich der verhältnissmässig geringe Wärmeüberschuss erklären, welcher sich bei sämmtlichen von mir angestellten Beobachtungen gezeigt hat. —

Van Beek und Bergsma fassen ihre an den verschiedenen Theilen des Kolbens vorgenommenen Messungen pag. 11 ihrer Abhandlung wie folgt zusammen:

1. „Que le dégagemeut de chaleur dans les fleurs de *Colocasia odora* „a lieu sur toute la surface visible du spadice, quoiqu' avec une intensité „différente dans ses diverses parties [1]."

2. „Qu'après lépanouissement de la spathe, un dégagemeut considérable „de chaleur a lieu dans les fleurs mâles, qui acquièrent uue très hautes tem- „pérature, de beaucoup plus élevée que celle que l'on observe à cette époque „dans les autres parties supérieures du spadice."

3. „Que vers l'époque de l'émission du pollen, uue augmentatiou con- „sidérable de chaleur se manifeste subitement dans les fleurs mâles avortées, „qui forment le cône charnu ou glanduleux du spadice, tandis que la tem- „pérature des fleurs mâles diminue constamment et approche de plus en plus „de celle de l'atmosphère. Le dégagement de chaleur de cette partie constitue „une seule période de plusieurs jours, celui des fleurs mâles avortées au con- „traire, offre plusieurs périodes distinctes et journalières, jusqu'au dépérisse- „ment de cette partie."

4. „Que le dégagement de chaleur dans chacune des ces diverses „périodes est uniforme, et le même sur la surface des fleurs mâles, comme sur „celle des fleurs mâles avortées, contrairement à l'opinion émise par quelques „savans, qui affirment que la chaleur va en augmentant vers le sommet du „spadice."

Weitere Beobachtungen ergaben weder in dem Blattstiele noch im Blumenstiele irgend welche Eigenwärme. Ferner zeigte sich, dass ein Begiessen der Pflanze am Galvanometer nicht den geringsten Ausschlag gab.

G. Vrolik und W. H. de Vriese nahmen im Jahre 1839 [2]) mit Hilfe gewöhnlicher Quecksilberthermometer die Wärmemessungen an dem Blüthenkolben der *Colocasia odora* wieder auf, welche sie 1836 begonnen hatten. Die Forscher stellen durch Versuche an *Arum italicum*, *Arum dracunculus* und an

---

[1]) Quant à la partie du spadice de cette plante, qui reste enfermée dans la spathe et qui contient les fleurs femelles, nous pouvons affirmer, que notre apareil nous a aussi indiqué un dégagement de chaleur dans les fleurs femelles et femelles avortées. Ce qui fut déjà observé par M. Hubert.

[2]) Nouvelles expériences sur l'élévation de température du spadice d'une *Colocasia odora (Caladium odorum)*, faites à Jardin botanique d'Amsterdam par G. Vrolik et W. H. de Vriese. Ann. des sciences nat. Seconde série. Tome XI. 1839, pag. 65—85.

Colocasia odora die Thatsache „en plein et entière évidence" fest, dass die Scheide sich gar nicht an der Wärmeproduction der Blüthe betheiligt, indem sie eine beträchtliche Wärmeerhöhung am Kolben beobachteten, trotzdem die Scheide abgeschnitten war. Tabellarische Zusammenstellungen über diese Messungen finden sich pag. 67—70 der unten[1]) genannten Abhandlung.

Aus der Tabelle mit der Ueberschrift:

> „Élévation de température du spadice d'une *Colocasia odora*, dont on „avait retranché la spathe. La plante était placée dans l'orangerie, „à l'ombre."

ergiebt sich unter Anderem:

Nachm. 3 Uhr die Temperatur des Kolbengipfels		26,6 ° C.,
„ „	der Luft . . .	17,8 ° C.,
	also als Wärmeüberschuss . . .	8,8 ° C.;

26,6 ° C. bezw. 8,8 ° C. waren gleichzeitig die Maxima dieses Tages. Das Maximum der Lufttemperatur (18,3 ° C.) hatte schon 2 Uhr stattgefunden.

Am folgenden Tage war:

Nachm. $2^1/_2$ Uhr die Temperatur des Kolbengipfels		26,5 ° C.,
„ „	der Luft . . .	15,6 ° C.,
	also der Wärmeüberschuss . .	10,9 ° C.;

26,5 ° C. bezw. 10,9 ° C. waren die Maxima dieses Tages. Das Maximum der Lufttemperatur (18,9 ° C.) hatte schon $1^1/_2$ Uhr stattgefunden. —

Die Mittags begonnenen und bis zum Abend fortgesetzten Beobachtungen zeigen eine allmähliche Wärmeabnahme in der Blüthe.

Bei allen Beobachtungen berührte die Kugel des übrigens freihängenden Thermometers den Gipfel des Blüthenkolbens. Nach ihren Beobachtungen fühlen die Forscher sich zu dem Satz berechtigt:

> „Nous croyons qu'après cette nouvelle série d'éxperiences, il ne peut „plus exister aucun doute sur la partie de la plante d'où provient „la chaleur."

Dass mit der Selbsterwärmung des Kolbens ein Verbrauch von Sauerstoff verbunden sei, wurde schon von Senebier vermuthet, durch Hubert's

[1]) Siehe Anmerkung [2]) auf Seite 215.

allerdings unvollkommene Experimente wahrscheinlich gemacht, später durch Saussure's exacte Versuche nachgewiesen. Vrolik und De Vriese, welche dieser Aequivalenz zwischen Selbsterwärmung und Sauerstoffverbrauch besonders ihre Aufmerksamkeit gewidmet haben, geben als Erläuterung zu der pag. 77 ihrer Arbeit zusammengestellten Tabelle an:

„Il est intéressant d'observer l'influence prompte et immédiate de l'oxigène „sur le spadice: car, une demi-heure après qu'il fut exposé à ce gaz, la diffé-„rence de température avec le spadice de l'orangerie était déjà de 2,2 (° C.)."

Auch die Beobachtungen an einem mit Stickstoff umgebenen Kolben sind überraschend; pag. 83 heisst es:

„Quelle différence frappante ne voit-on pas entre nos expériences avec „l'oxigène et l'azote! Dans l'oxigène nous voyons un accroissement con-„sidérable, un développement plein de vigueur, une couleur naturelle, une „température très haute; enfin tout ce qui annonce une action vivifiante et „excitante dans toutes les fonctions. Dans l'azote, au contraire, cessation de „mouvement, stagnation de toute action vitale, accroissement arrêté, couleur „perdue, production de chaleur interrompue, et dissolution entière à craindre." —

Im Jahre 1840 publicirte Dutrochet[1]) seine mittelst eines electro-galvanischen Apparates am *Arum maculatum* gemachten Wärmemessungen.

Die an der Keule (dans le milieu du renflement en massue du spadice), den männlichen und weiblichen Blüthen verschiedener *Arum maculatum* vorgenommenen und tabellarisch zusammengestellten Beobachtungen, veranlassen Dutrochet pag. 74 seiner Abhandlung zu behaupten:

„Ainsi il est bien établi par l'expérience que, dans le même moment, „la chaleur va en diminuant du milieu du renflement en massue du spadice „vers sa base." —

Weitere Untersuchungen führen den Forscher pag. 79 zu dem Schlusssatze:

„On voit, par ces observation que la chaleur propre qui se développe „dans la fleur de l'*Arum maculatum* offre plusieurs paroxysmes dont les maxima

---

[1]) Observations sur la chaleur propre du spadice de l'*Arum maculatum* à l'époque de la floraison. Par Dutrochet. Ann. des sciences nat. Seconde série. Tome XIII, 1840, pag. 65—80.

„ont lieu pendant le jour, et dont les minima se montrent pendant la nuit.[1]) „Parmi les quatre paroxysmes observés, il n'y en a que deux qui soient re- „marquables par leur intinsité. Le plus intense est celui qui a lieu le premier „jour de la floraison: son siège principal est dans le renflement en massue „du spadice et probablement aussi dans le tissu de la spathe. C'est sous „son influence que s'opère le rapide épanouissement de cette dernière. Le „paroxysme qui a lieu le second jour de la floraison est moins intense; il a „son siège principal dans les fleurs mâles et dans la partie du spadice qu „les porte. C'est sous son influence que s'opère l'émission du pollen." —

In der vorangeschickten Einleitung sind die mir bekannten grösseren Arbeiten, welche über Wärmebeobachtungen an den Blüthen der *Colocasia odora* und verwandter Pflanzen handeln, berücksichtigt: und es ist damit der Standpunkt gekennzeichnet, welchen die vorliegende Frage vor meinen Untersuchungen einnahm. Hoffentlich wird in Folgendem manchem Leser noch etwas Wissenswerthes über diesen interessanten Gegenstand gebracht. —

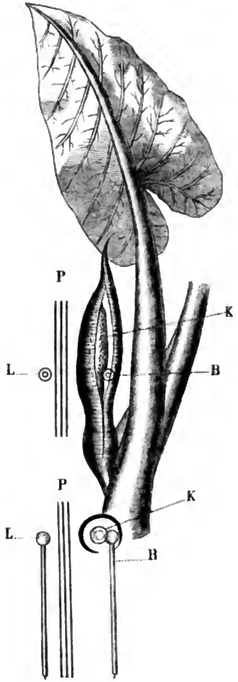
[1]) Ist wohl nur eine Vermuthung Dutrochet's, denn die in seiner Arbeit enthaltenen Tabellen erstrecken sich nicht über 10 Uhr Abends hinaus. Nur in der Tabelle pag 75 ist eine 2 Uhr Nachts gemachte Beobachtung notirt. —

Beobachtungen.

Die *Colocasia*, an welcher die Messungen vorgenommen wurden, ist zwölfjährig und hatte bislang noch nicht geblüht. Während dieselbe in den früheren Jahren sich meistens durch fünf bis sechs strotzende Blätter, überhaupt durch ein auffallend gesundes Aussehen auszeichnete, waren seit dem Herbst 1877 bis zur Blüthenentwickelung im Juni 1878 nur zwei Blätter von je 1150 Quadratcentimeter Fläche vorhanden, welche ausserdem schon bei Beginn des Winters an den Rändern mehrfach gelbe Stellen zeigten. Es überraschte deshalb um so mehr, dass die Pflanze, trotz ihrer aussergewöhnlich kümmerlichen Belaubung und ungeachtet der besonders ungünstigen Witterungsverhältnisse des Jahres 1877/78 zwei [1]) Blüthen unmittelbar hintereinander hervorbrachte. Vielleicht ist diese unter so ungünstigen Verhältnissen erfolgte Blüthenentwickelung zum Theil dem Umstande zuzuschreiben, dass die *Colocasia* während des verflossenen Winters im geheizten Wohnzimmer, in welchem seit Mitte März wegen Kinderkrankheiten die Temperatur Tag und Nacht constant auf 20° C. erhalten war, gestanden hatte, wogegen dieselbe in den früheren Jahren in nicht geheizten Zimmern durchwinterte.

Am Abend des 9. Juni brach die Blüthenscheide (spatha) auf und hatte sich gegen Mittag des folgenden Tages soweit geöffnet, dass man die Kugel

[1]) Die zweite Blüthe war nicht so gut ausgebildet, als die erste, wurde deshalb auch nicht zu weiteren Messungen benutzt.



eines empfindlichen Thermometers (B), an dem sich noch mit ziemlicher Genauigkeit vierzigstel Grade abschätzen liessen, einführen konnte.

Bei sämmtlichen Messungen berührte die Kugel des Thermometers den Kolben (spadix) (K) der Blüthe, wie nebenstehende Figur andeutet, genau an der Stelle, an welcher die Verdickung beginnt und legte sich, was nicht zu vermeiden war, stets mit einem Theil ihrer Oberfläche auch an die innere Wandung der Blüthenscheide. Durch Einführung der ziemlich dicken Thermometerkugel an einer anderen Stelle würde ein Aufreissen der Blüthenscheide herbeigeführt sein. Ein Anlegen der Thermometerkugel an den Gipfel des Kolbens würde sogar die gewaltsame Entfernung der nach oben geschlossenen Blüthenscheide erforderlich gemacht haben. — Solche Verletzungen sollten vermieden werden.

Die Beobachtungen geben deshalb nicht die Temperatur des Kolbens[1]) an der Berührungsstelle, sondern wohl mehr die mittlere

[1]) Nach Vrolik und De Vriese gilt der Gipfel des Kolbens, nach Van Beek und Bergsma gelten die männlichen Blüthentheile als ausgiebigste Wärmequellen. —

Temperatur im Inneren der Blüthenscheide an. Uebrigens kam es dem Verfasser auch weniger darauf an, die höchsten Temperaturwerthe einzelner Blüthen-(Kolben) Theile zu ermitteln, da hierauf zielende Messungen bereits in grosser Auswahl vorliegen, als besonders darauf, die Abhängigkeit der Eigenwärme von äusseren gegebenen Ursachen kennen zu lernen.

Die *Colocasia* war am 10. Juni in der Mitte eines hellen Zimmers mit zwei Süd- und einem Westfenster (durch Geschlossenhalten der Fenster und Thüren möglichst gegen Luftzug geschützt) so aufgestellt, dass sie nicht von den eventuell einfallenden Sonnenstrahlen getroffen werden konnte. Die Lufttemperatur wurde mittelst eines ebenso empfindlichen Thermometers (L) in geringer Entfernung von der Blüthe beobachtet. Beide Thermometer lagen, mit etwas Fall nach den Kugeln hin, nur an zwei Stellen unterstützt, nebeneinander auf einem Tische, welcher, auf Rädern ruhend, leicht verschoben werden konnte. Vor jeder Beobachtungsreihe wurde der Controle wegen an beiden Thermometern die Lufttemperatur in der Nähe der Pflanze abgelesen und hierauf erst durch sanfte Bewegung des Tisches das Thermometer (B) stets genau an der genannten Stelle in die Blüthenscheide geschoben. Die Kugel des Thermometers (L), welche sich dann in geringer Entfernung hinter der Scheidenöffnung befand, so dass sie nicht von den Wärmestrahlen des Kolbens getroffen werden konnte, wurde hierauf schnell mit einer kleinen weissen Papierhülle von gleicher Temperatur umgeben, um ihr angenähert eine ebenso geschützte Lage zu sichern, als der in der Blüthenscheide verborgenen.

Ferner waren zwischen beide Thermometer mehrere Bogen weissen Papiers (P) gestellt, um jegliche Wärmeübertragung von einem Thermometer zum anderen, resp. von der Blüthe auf das Thermometer (L) auszuschliessen. Bei allen den Versuchen, bei welchen die Blätter der an das Fenster gestellten Pflanze von den einfallenden Sonnenstrahlen getroffen werden sollten, wurden Thermometer und Blüthenscheide durch ein aus mehreren Lagen weissen Papiers gebildetes Dach und ein darüber gelegtes lang herunterhängendes weisses Tuch gegen Insolation nnd Luftzug geschützt. —

Jede Ablesung wurde so rasch vorgenommen, dass eine messbare Erwärmung der Thermometer durch den Körper des Beobachters nicht eintreten konnte.

Die Resultate der Beobachtungen sind in beifolgenden Tabellen aufgeführt und durch die danebenstehenden Diagramme bildlich dargestellt. In den meisten Fällen sind die Ablesungen in Intervallen von 15 Minuten vorgenommen, nur wenn bemerkenswerthe Schwankungen[1]) der Temperatur eintraten, wurde auch in kürzeren Zeiträumen der Thermometerstand notirt.

Ausser den Werthen sub B (Blüthentemperatur), L (Lufttemperatur) und D = B — L (Wärmeüberschuss) wurden noch die Differenzen b, l und d zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen und damit eine Uebersicht über die Intensität des Wachsens von B, L und D in den entsprechenden Zeitperioden gegeben.[2]) —

[1]) Besondere Vorkehrungen, die Temperatur und den Feuchtigkeitsgehalt der Luft auf constanter Höhe zu erhalten, waren nicht vorhanden. Uebrigens traten an den Beobachtungstagen, besonders am ersten, in Folge heftiger mit Hagelfall und Sturm verbundener Gewitter so rapide Temperaturschwankungen (im Freien innerhalb 30 Minuten über 3° R. Differenz) ein, dass man entweder die Pflanze in ein grosses Glasgehäuse hätte einschliessen oder sämmtliche Fugen der Fenster des Beobachtungszimmers hätte verkleben müssen, wenn angenähert eine constante Temperatur in der Nähe derselben hätte erhalten werden sollen. Wie an den Beobachtungstagen die Temperaturverhältnisse im Freien sich gestalteten, mögen die Zahlen zeigen, welche nach den auf Anordnung des Königl. Oberbergamts hierselbst seit 1876 täglich 7 Uhr Morgens, 2 Uhr Nachmittags und 9 Uhr Abends angestellten metereologischen Beobachtungen wie folgt sich ergaben:

1878. 10. Juni —	7 Uhr Morgens —	+ 10,20° R.
	2 „ Mittags —	+ 9,75° R.
	9 „ Abends —	+ 7,20° R.
11. Juni —	7 Uhr Morgens —	+ 8,20° R.
	2 „ Mittags —	+ 15,50° R.
	9 „ Abends —	+ 12,00° R.
12. Juni —	7 Uhr Morgens —	+ 12,20° R.
	2 „ Mittags —	+ 9,60° R.
	9 „ Abends —	+ 8,80° R.
13. Juni —	7 Uhr Morgens —	+ 7,10° R.
	2 „ Mittags —	+ 11,60° R.
	9 „ Abends —	+ 9,00° R.
14. Juni —	7 Uhr Morgens —	+ 9,40° R.
	2 „ Mittags —	+ 11,80° R.
	9 „ Abends —	+ 9,40° R.

Die Beobachtungsstation liegt etwa 560 Meter über Normalnull.

[2]) Die Differenzen b, l, d gelten überall für eine Zeitperiode von 15 Minuten. Selbst in den Fällen, wo die aufeinanderfolgenden Beobachtungs-Werthe B, L, D um 60, 10, 5 Minuten auseinanderliegen, sind b, l und d auf das Zeitintervall von 15 Minuten reducirt.

Um möglicherweise einen Zusammenhang zwischen B, D und den gleichzeitigen Witterungs- resp. Beleuchtungs-Verhältnissen ausfindig zu machen, sind in den Tabellen unter „Bemerkungen“ hierauf bezügliche Angaben gemacht.

Der Nachweis, ob die Schwankungen der Blüthentemperatur und des Wärmeüberschusses durch eine Kraft im Innern der Pflanze regulirt werden, oder nur Nachahmungen der Lufttemperatur sind, sich vielleicht auch als Function des Wassergehaltes der Luft, der Beleuchtungsintensität, der Tageszeit, des Alters der Blüthe, der Befruchtung sich darstellen lassen, konnte durch die folgenden mehrere Tage fortgesetzten Beobachtungen selbstverständlich schon aus dem einfachen Grunde nur bruchstückweise geliefert werden, weil dieselben nur an einem Exemplare und mit den einfachsten Hilfsmitteln angestellt wurden.

An eine Veröffentlichung der Beobachtungen wurde ursprünglich nicht gedacht. Verfasser hatte derartige physiologische Untersuchungen bislang noch nicht angestellt, und begann die Messungen mit dem Wunsche, sich selbst zu belehren. Die Experimente sollten deshalb insbesondere für eventuell später anzustellende eingehendere Untersuchungen zur Orientirung, also zur Ermittelung einiger verschiedener Ursachen der Blüthen- (Kolben-) Wärme dienen, beschränkten sich deshalb nicht darauf, die Wirkung einer einzigen gegebenen Ursache quantitativ nachzuweisen, was zur gründlichen Erforschung der Erscheinung unbedingt erforderlich gewesen wäre.[1]) Ausserdem wurde die Art und Weise der Experimente noch dadurch beeinflusst, dass bei allen Untersuchungen auf möglichste Schonung der Pflanze Rücksicht genommen werden sollte, um dieselbe für nachfolgende Beobachtungen nicht untauglich zu machen. Wenngleich nun aus den gemachten Beobachtungen schon aus dem Grunde, weil sie sich auf ein einziges Blüthenexemplar beschränken, Schlüsse allgemeiner Natur nicht gezogen werden können, so möchten dieselben dennoch

[1]) Z. B. würde es gewiss rationell gewesen sein, bei sämmtlichen Beobachtungen eine constante Lufttemperatur zu erhalten; dann hätten sich jedoch andererseits nicht die interessanten Resultate ergeben, welche bezüglich des Einflusses der Temperaturschwankungen der Luft auf die Schwankungen der Blüthentemperatur und des Wärmeüberschusses gewonnen sind.

nicht ganz ohne Interesse, vielleicht sogar der Publication[1]) werth sein, da sie einige eigenthümliche, meines Wissens noch nicht mit aller Bestimmtheit veröffentlichte Erscheinungen constatiren. Unter anderen, dass das Maximum des Wärmeüberschusses (D_{max}) nicht mit dem Maximum der Lufttemperatur zusammenfällt, obgleich die Blüthentemperatur im Allgemeinen mit der Lufttemperatur steigt. — Oder, dass sich D_{max} trotz verschiedener obwaltenden Umstände stets in den ersten Nachmittagsstunden gezeigt.[2]) —

---

[1]) Da die *Colocasia* in diesem Jahre (1879) aller Wahrscheinlichkeit keine Blüthe treiben, also in nächster Zeit keine Gelegenheit zu einer eingehenden Erforschung der Wärmeerscheinung geben wird, so sind schon jetzt die gemachten wichtigsten Beobachtungen zusammengestellt.

[2]) Man vergleiche hiermit die analogen Angaben im Handbuche der Experimentalphysiologie der Pflanzen von Sachs. 1865; pag. 292:

„Die Tagesstunde, zu der das Maximum eintritt, scheint bei verschiedenen Species „und bei derselben Art je nach Umständen sehr verschieden zu liegen; bei *Arum cordi-„folium (Colocasia odora)* soll Hubert auf Bourbon das Maximum der Selbsterwärmung „vor Sonnenaufgang beobachtet haben, bei *Caladium pinnatifidum* soll es des Abends ein-„treten; nach Senebier und Dutrochet kann bei *Arum maculatum* die höchste Temperatur „zwischen Morgen und Abend zu sehr verschiedenen Stunden eintreffen; dagegen fanden „Ad. Brogniart, Vrolik und De Vriese, dass sie sich bei *Colocasia odora* regelmässig „Nachmittags einstellt; die Letzteren scheinen dabei übersehen zu haben, was aus ihren „Tabellen erhellt, dass die Temperaturschwankung des Kolbens dieser Art mit den „Schwankungen der Lufttemperatur fast genau gleichen Schritt hält . . . . . ."

Dass dieser Einwand von Sachs gegründet ist, wird durch meine Beobachtungen bestätigt. So ist z. B. am 12. Juni Morgens 10 Uhr (siehe Nr. 36 der Ablesungen)

die Blüthentemperatur B = 21,125 ° C.,
„ Lufttemperatur L = 18,8 ° C.,

D = (B — L) = 2,325 ° C.,

dagegen Nachmittags 1 Uhr 45 Min. (zur Zeit des Wärmeüberschussmaximums dieses Tages (siehe Nr. 51)

die Blüthentemperatdr nur B = 19,375 ° C.,
„ Lufttemperatur L = 16,625 ° C.,

D = (B — L) = 2,750 ° C.,

also an diesem Beobachtungstage die Blüthentemperatur Morgens höher als Nachmittags, weil zufällig die Lufttemperatur zu erstgenannter Zeit höher war.

Dass hingegen der Wärmeüberschuss (D = B — L) gegen Nachmittag hin seinem Maximum zustrebt, glaubt Verfasser durch die vorliegenden Beobachtungsreihen ermittelt zu haben. —

10. Juni.

Erster Tag nach der Oeffnung der Blüthenscheide.

(Hierzu Tabelle Ia und Diagramm Ib.)

3 Uhr Nachmittags waren die Vorbereitungen beendet, eine Stunde später wurden die ersten Ablesungen vorgenommen. Die Resultate sind in der Tabelle Ia und in den Diogrammen Ib verzeichnet.

Die ungewöhnliche Zunahme der Lufttemperatur von 4^h bis 5^h Nachmittags ist ohne Zweifel eine Folge des heftigen Gewitters, welches sich 3^h 50 und 4^h 50 entlud.

4^h 45 (Nr. 4) zeigte sich die höchste Blüthentemperatur[1]) B = 22,0 ° C.

Von 4^h bis 4^h 15 und um 5^h wurde der grösste Werth des Wärmeüberschusses der Blüthe D[1]) = 2,7 ° C. (Nr. 1 u. 2) beobachtet. Der hohe Werth von D (Nr. 5) ist durch zufällige plötzliche Abkühlung der Luft veranlasst, verdient deshalb keine Berücksichtigung.

Leider konnten an dem heutigen Tage wegen zu geringer Scheidenöffnung die Beobachtungen nicht schon früher, vielleicht 8^h Vormittags, beginnen. Es ist deshalb auch nicht constatirt, ob B = 22,0 ° und D = 2,7 ° überhaupt die Maximalwerthe der Blüthentemperatur und des Wärmeüberschusses dieses Tages waren oder ob die Maxima nicht schon vor 4^h Nachmittags stattgefunden hatten.

---

[1]) Hätte die in der Blüthe gesteckte Thermometerkugel nur die wärmsten Theile des Kolbens und nicht auch andere kältere Partieen der Blüthe gleichzeitig berührt, so würden sich voraussichtlich höhere Werthe ergeben haben. Man vergleiche hiermit die Anmerkung auf Seite 220.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass hier sowie in allen folgenden Fällen die Thermometer nicht die zur Zeit der Ablesung herrschenden, sondern schon vorher vorhanden gewesene Temperaturen anzeigen.

Am 11. Juni fand das Tagesmaximum	$D_{max} = 3{,}1^{\circ}$ C.	um 2^h 15 Nachmitt.	(Nr. 24),
„ 12. „ „ „ „	$D_{max} = 2{,}75^{\circ}$ C.	„ 1^h 45 „	(Nr. 51),
„ 13. „ „ „ „	$D_{max} = 3{,}32^{\circ}$ C.	„ 1^h 5 „	(Nr. 68),
„ 14. „ „ „ „	$D_{max} = 2{,}44^{\circ}$ C.	„ 1^h „	(Nr. 77),

also jeden folgenden Tag beziehungsweis 30, 40, 5 Minuten früher statt. Daraus liesse sich mit einiger Wahrscheinlichkeit der Schluss ziehen, dass am 10. Juni das Maximum des Wärmeüberschusses schon in den ersten Stunden nach Mittag eingetreten ist. —

Von 5^h an zeigten sich keine ungewöhnlichen Erscheinungen, es wurden deshalb um 5^h 30 (Nr. 7) die Beobachtungen abgebrochen und erst 10^h 30 (Nr. 11) an demselben Orte wieder aufgenommen. Inzwischen sollte durch die folgenden im Keller angestellten Messungen (Nr. 8 bis 10) der Einfluss der Lufttemperatur (L) auf die Blüthenwärme (B) ermittelt, insbesondere untersucht werden, ob mit Abnahme der Lufttemperatur der Wärmeüberschuss (D = B — L) wachse.

Damit hierbei die Wurzeln der *Colocasia* keine erhebliche für die weitere Blüthenentwickelung möglicherweise nachtheilige Abkühlung erführen, wurde der Topf bis zum Stamme der Pflanze dicht mit mehreren Lagen wollener Tücher umhüllt und nicht unmittelbar auf die Kellersohle, sondern auf vier übereinandergelegte dicke Strohdecken gestellt, welche schon so lange im Beobachtungszimmer bereit gelegen hatten, dass sie die Zimmertemperatur angenommen haben mussten. 6^h war die Aufstellung der *Colocasia* im Keller bewerkstelligt. Erst 1½ Stunde später, nachdem der Beobachtungsapparat die Temperatur der Zimmer- mit der der Kellerluft vertauscht hatte, fanden die ersten Ablesungen (Nr. 8 bis 10) statt.

Aus Besorgniss, die Pflanze durch längeren Aufenthalt im Keller zu schädigen, wurden die Messungen nicht weiter fortgesetzt, zumal schon diese wenigen Beobachtungen meine Vermuthungen, der Temperaturüberschuss (D) werde mit abnehmender Lufttemperatur wachsen, vollständig widerlegten. Das Resultat dieser Beobachtungen, dass wenigstens innerhalb der hier vorliegenden Temperaturschwankungen mit abnehmender Lufttemperatur der Wärmeüberschuss in der Blüthe abnimmt, sollte indirect noch bestätigt werden,

als bei den folgenden nur wenige Stunden später (Nr. 11) in dem wärmeren Zimmer unter übrigens nahezu gleichen Verhältnissen [1]) angestellten Beobachtungen der Ueberschusss (D) wieder zunahm.

---

11. Juni.

Zweiter Tag nach der Oeffnung der Blüthenscheide.

(Hierzu Tabelle IIa und Diagramm IIb.)

Der am 11. Juni beobachtete geringste Wärmeüberschuss war 1,40 ° C. und fand 2^h Morgens statt (Nr. 16). Da jedoch von Abends 11^h 30 (Nr. 15) bis zu genannter Zeit keine Messungen vorgenommen sind [2]), darf nicht behauptet werden, dass das Minimum des Wärmeüberschusses nicht schon vor 2^h Morgens eingetreten wäre.

Vergleicht man andererseits den Werth von D um 11^h 30 mit demjenigen um 2^h, so möchte man die Ueberzeugung gewinnen, dass der Minimalwerth des Wärmeüberschusses wenn nicht um 2^h, dann nur kurz vor 2^h eingetreten sein wird. [Es sei noch erwähnt, dass D_{min} dann nahezu um dieselbe Stunde Nachts erfolgt, um welche D_{max} am Tage erscheint, wie aus den Zahlen sub Nr. 16 und 24 hervorgeht [3]).]

Ueberraschend ist die Erhöhung der Blüthentemperatur 3^h Morgens (40 Minuten vor Sonnenaufgang [Nr. 17]). Dass hier kein Beobachtungsfehler

---

[1]) Bei den Beobachtungen sowohl im Keller als auch im Zimmer von 10^h 30 Abends ab dienten zwei brennende Kerzen, die soweit von der *Colocasia* aufgestellt waren, dass die Thermometer keine merkliche Erwärmung durch dieselben zeigten. Keller- und Zimmerluft war für die jeweilige Temperatur nahezu gesättigt.

[2]) Die Beobachtungen wurden mit einer Ausnahme (Anmerkung Seite 229) von mir allein ausgeführt, es war deshalb nicht möglich, während der fünf Beobachtungstage auch Nachts in derselben Regelmässigkeit als am Tage Ablesungen vorzunehmen.

[3]) Eine analoge Erscheinung ist am 14. resp. 15. Juni (vergleiche Nr. 77 mit 90 bis 95) beobachtet. In den anderen Nächten sind leider keine Ablesungen vorgenommen.

zu Grunde liegt, beweisen die benachbarten eingeklammerten Beobachtungsresultate. Um 3[h] 20 ist sogar B = 18,125. Auch eine Erwärmung des Thermometers durch den Beobachter kann nicht zugegeben werden, da das inzwischen verschlossen gehaltene Beobachtungszimmer nicht eher als kurz vor der Ablesung betreten wurde und jede Ablesung nur wenige Augenblicke dauerte. —

Von 8[h] bis 11[h] Vormittags wurde die *Colocasia*, um dieselbe nicht zu lange der Einwirkung des hellen Tageslichtes zu entziehen, an dem westlichen Fenster, 11[h] 30 wieder, wie am vorhergehenden Tage in der Mitte des Zimmers aufgestellt und um 12 Uhr begannen die Beobachtungen.

Von 12[h] bis 2[h] stiegen Luft- und Blüthentemperatur nur sehr wenig (die Ablesungen sind in der Tabelle und dem Diagramme weiter nicht verzeichnet). Von 2[h] Nachmittags (Nr. 23) bis 3[h] (Nr. 27) erhielt sich die Lufttemperatur durchaus constant, von da ab bis 10[h] (Nr. 34) Nachmittags schwankte sie nur sehr wenig, es können deshalb ohne Frage während der genannten Zeitperiode die Schwankungen des Wärmeüberschusses als unabhängig von der Temperatur der Luft angesehen und folgender Satz als der Wahrheit naheliegend anerkannt werden:

> Das Maximum des Wärmeüberschusses (D_{max} = 31 ° C.) erfolgte am 11. Juni 2[h] 15 Nachmittags und war unabhängig von der Lufttemperatur.[1])

Vielleicht möchte eine Bestätigung des Gesagten noch darin liegen, dass B_{max} und D_{max} nicht zu gleicher Zeit mit dem Maximum der Lufttemperatur (Nr. 27, 33, 35), sondern früher erschienen und folgender zweite Satz dem oben aufgestellten angereiht werden dürfen:

> Obgleich die Blüthentemperatur im Allgemeinen mit der Lufttemperatur stieg, fiel das Maximum des Wärmeüberschusses nicht mit dem Maximum der Lufttemperatur zusammen.

(Den ohne Zweifel durch die Wärmestrahlen der Kerzen herbeigeführten hohen Werthen der Lufttemperatur von 9[h] 45 bis 10[h] 15 Abends (Nr. 33

---

[1]) Diese Unabhängigkeit geht auch noch daraus hervor, dass von 2[h] bis 8[h] Morgens (Nr. 16 und 22) der Wärmeüberschuss von 1,4 ° bis 2,075 ° C. stieg, obgleich in derselben Periode die Lufttemperatur von 16,1 bis auf 15,3 ° C. fiel.

bis 35) entspricht ein verhältnissmässig sehr geringer Wärmeüberschuss D = 1,90° C.)

Die Beobachtungen von 3^h 30 bis 9^h (Nr. 30) zeigten keine Eigenthümlichkeiten (L und B blieben nahezu constant), sind deshalb hier weiter nicht notirt.

Die D-Linie des heutigen Tages zeigt deutlich, dass (abgesehen von der oben erwähnten nicht aufgeklärten Störung um 3^h Morgens) der Wärmeüberschuss bis 2^h 15 Nachmittags nach und nach zu-, von da ab wieder abnimmt. Die Constanz zwischen 3^h und 9^h 30 möchte vielleicht auf die Insolation (seit 2^h 45) zurückzuführen sein.

Um zu untersuchen, ob eine künstliche Beleuchtung der Colocasialblätter die Selbsterwärmung des Kolbens beeinflusse, wurden in 0,5 Meter Entfernung von der Pflanze brennende Kerzen so aufgestellt, dass deren Lichtstrahlen die vorderen Flächen der Blätter senkrecht trafen. Blüthenscheide und Thermometer waren durch Ueberdachung gegen die directen Wärmestrahlen geschützt. — Die künstliche Beleuchtung schien durchaus keinen Einfluss auf die Selbsterwärmung des Kolbens auszuüben. Die Beobachtungen, von denen nur die ersten (sub Nr. 32 bis 35) hier notirt sind, ergaben ein geringes Steigen des Thermometers L, beziehungsweise auch des Thermometers B während der Beleuchtung durch sechs Kerzen, was wohl nur der Erwärmung der Zimmerluft durch die brennenden Kerzen zuzuschreiben war. Der Wärmeüberschuss nahm trotz Beleuchtung mehr und mehr ab.

Ebenso erwies sich am folgenden Abend die Beleuchtung der *Colocasia* durch Magnesiumlicht[1]), welche allerdings nur kurze Zeit unterhalten wurde, als durchaus resultatlos. Die *Colocasia* hatte bis 11^h Abends im Finstern gestanden und wurde nun plötzlich durch das Magnesiumlicht, dessen Strahlen aus 1 Meter Entfernung die Blätter senkrecht trafen, beleuchtet.[2])

---

[1]) Bei diesen Beobachtungen war Herr Ingenieur Rösing mir behilflich, wofür ich genanntem Herrn hiermit meinen Dank ausspreche.

[2]) Die mit einem parabolischen Reflector von 30 cm Oeffnung versehene Magnesiumlampe verbrannte in je 5 Minuten 2 Meter Magnesiumband, welches in bekannter Weise mittelst zwei durch ein Uhrwerk bewegte Walzen gleichmässig vorgeschoben im Focus des Reflectors zum Vorschein kam.

Verfasser hatte sich von dem äusserst intensiven Lichte einen grossen Erfolg versprochen, war deshalb sehr enttäuscht, als das in der Blüthenscheide befindliche Thermometer während der Beleuchtung sich ganz indifferent verhielt[1]). Es wurde deshalb von einer ursprünglich beabsichtigten Fortsetzung des an sich sehr kostspieligen Versuches Abstand genommen. Die ebenfalls geplante Beleuchtung mittelst elektrischen Lichtes unterblieb, weil der zu dem Ende nothwendige Transport der Pflanze von der Wohnung des Verfassers nach dem ziemlich entfernten physikalischen Cabinet der Bergakademie des unfreundlichen Wetters wegen gescheut wurde.

12. Juni.

Dritter Tag nach der Oeffnung der Blüthenscheide.

(Hierzu Tabelle IIIa und Diagramm IIIb.)

Es lag die Absicht vor, durch die Versuche am 12. Juni nachzuweisen, ob eine Insolation der Blätter auf die Eigenwärme der Blüthe (resp. des Kolbens) von Einfluss sei.

Die *Colocasia* wurde 6 Uhr Morgens auf kurze Zeit bis zum oberen Topfrande in lauwarmes Wasser gestellt, um die Erde bis zur Sättigung zu tränken, und nach vorangegangener sorgfältigen Waschung[2]) der Blätter zwei Stunden später so an einem östlichen Fenster aufgestellt, dass die vorderen Blattflächen, nicht aber die Blüthenscheide voll und senkrecht von den Sonnenstrahlen getroffen werden konnten. Die Oeffnung der Scheide war bei dieser

[1]) Es soll jedoch daraus durchaus nicht gefolgert werden, dass bei hinreichend langer Lichteinwirkung die Blüthentemperatur dennoch nicht gesteigert wäre. —

[2]) An den anderen Beobachtungstagen ist die *Colocasia* weder gewaschen, noch bedurfte dieselbe getränkt zu werden.

Stellung der Pflanze nach dem Zimmer hin gekehrt[1]), so dass die Einführung des Thermometers (B) in der früher angegebenen Weise leicht bewerkstelligt werden konnte. Ueber beide Thermometer und über die Scheide war ein aus mehreren Lagen weissen Papiers hergestelltes Dach und darüber ein weisses herunterhängendes Tuch gelegt, um die directen Sonnenstrahlen und den durch die Fensterspalten kommenden Luftzug abzuhalten. Die Beobachtungen begannen bei hellem Sonnenscheine. Leider verschwand die Sonne sehr bald hinter dichtem Gewölk und kam im Verlaufe des Tages nur noch einmal Nachmittags 3^h 15 (Nr. 54) auf kurze Zeit zum Vorschein. Trotzdem wurden die Beobachtungen regelmässig angestellt und in beifolgender Tabelle aufgeführt.

Die Frage, ob die hohe Blüthentemperatur und der damit im Zusammenhange stehende verhältnissmässig hohe Wärmeüberschuss kurz nach dem Sonnenschein Morgens 10^h (Nr. 36), sowie Abends 3^h 45 (Nr. 56) der Insolation der Blätter oder der höheren Lufttemperatur, oder aber beiden Factoren zugleich zuzuschreiben ist, kann nicht mit Sicherheit beantwortet werden.

Dagegen unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass die Zunahme des Wärmeüberschusses während der ersten Nachmittagsstunde (Nr. 47 bis 51) trotz der niedrigeren Lufttemperatur durch den energischeren Vegetationsprozess der Pflanze veranlasst wurde und der Schluss, dass der Wärmeüberschuss (und bei übrigens gleichen Verhältnissen wohl auch die Blüthentemperatur) gegen Nachmittag hin dem Maximum zustrebe, nicht übereilt zu nennen.

Das Maximum des Wärmeüberschusses, $D_{max} = 2{,}7$ bis $2{,}750$ (Nr. 50 und 51) findet 1^h 30 resp. 1^h 45 Nachmittags, also nicht voll eine Stunde früher als am gestrigen Tage statt und fällt nicht mit dem Maximum der Lufttemperatur zusammen. Es erscheint in einer Periode, in welcher die Lufttemperatur im Sinken begriffen ist, nachdem sie sich kurz vorher einige Zeit durchaus constant erhalten hatte.[2]) Von 3^h 45 Nachmittags wurde das Wetter

[1]) Wohl nicht zufällig waren sowohl bei dieser, als auch bei der darauffolgenden zweiten Blüthe Scheidenöffnung und vordere Blattflächen nach entgegengesetzten Richtungen, erstere nach dem Zimmer, letztere nach dem Fenster (Lichte) hin gewendet.

[2]) Vor Eintritt des D_{max} war trotz constanter Lufttemperatur (Nr. 47 bis 49) die Blüthentemperatur allmählich gestiegen.

wieder unfreundlicher. Der Himmel verfinsterte sich und es trat Wind und starker Regen ein. B, L und D gingen nach und nach herunter. Bald nach 4^h wurden die Beobachtungen, da sie keine bemerkenswerthen Erscheinungen zeigten, abgebrochen, und inzwischen Vorbereitungen zur Beleuchtung der Colocasiablätter durch Magnesiumlicht getroffen. Ueber den Erfolg dieser Versuche ist schon auf Seite 229 das Wesentlichste bemerkt.

---

13. Juni.

Vierter Tag nach der Oeffnung der Blüthenscheide.

(Hierzu Tabelle IVa und Diagramm IVb.)

Die Beobachtungen an diesem Tage sind noch deshalb interessant, weil sie den Einfluss einer fortgesetzten Steigerung der Lufttemperatur auf die Blüthentemperatur zeigen. Die beabsichtigte gleichmässige Steigerung wurde allerdings dadurch modificirt, dass 12^h 10 (Nr. 63) eine beschleunigte Erwärmung durch unerwarteten Sonnenschein und 12^h 36 eine rasche Abkühlung durch einen heftigen Gewitterregen eintrat.

Die Beobachtungen begannen 9^h Morgens bei äusserst unfreundlichem Wetter. Die *Colocasia* war an einem Südfenster so aufgestellt, dass ihre Blätter ev. gegen Mittag von den Sonnenstrahlen getroffen werden konnten.

Während der Morgenstunden war auf Sonnenschein nicht zu rechnen. Die Thermometer und die Blüthenscheide waren in der schon früher angegebenen Weise umhüllt. Die Temperatur ergab sich als eine äusserst niedrige. Dieselbe war in der vorhergehenden Nacht im Freien unter 9° Celsius heruntergegangen und hatte im Beobachtungszimmer 9^h Morgens nur eine Höhe von 13,8° Celsius. Sämmtliche Ablesungen von 9^h bis 10^h 30 Morgens zeigten zwischen Blüthen- und Lufttemperatur eine sehr kleine Differenz. Diese ungewöhnliche Energie des Blüthenkolbens glaubte Verfasser der niedrigen

Zimmertemperatur zuschreiben zu müssen, liess deshalb 10^h 30 den Zimmerofen stark anheizen. Erst 11^h 45 bei etwa 19 ° C. (Nr. 60) stieg die Blüthentemperatur mit auffallend grösserer Beschleunigung als die Lufttemperatur, und es wurden von da ab in den kurzen Zeitintervallen von 5 und 10 Minuten abgelesen und notirt (man vergleiche die auf 15 Minuten reducirten Werthe der Rubrik d). Während nämlich von 11^h 15 bis 11^h 45 die Beschleunigung des Wärmeüberschusses gleich Null gewesen war, betrug sie

von 11^h 45	bis 11^h 50,	also innerhalb	5	Min.	0,315 ° C.	oder	0,945 ° C.	auf	15	Min.
„ 11^h 50	„ 12^h,	„ „	10	„	0,20 ° C.	„	0,300 ° C.	„	15	„
„ 12^h	„ 12^h 10,	„ „	10	„	0,40 ° C.	„	0,600 ° C.	„	15	„
„ 12^h 10	„ 12^h 20,	„ „	10	„	0,825 ° C.	„	1,24 ° C.	„	15	„

Da während der ausgezeichneten Zunahme des Wärmeüberschusses 0,945 ° C. (Nr. 60 bis 61) und kurz vor der noch grösseren 1,24 ° C. (Nr. 63 bis 64) Insolation der Blätter eintrat, ist es möglich, dass auch die die Blätter treffenden Sonnenstrahlen sich bei der Erzeugung der hohen Blüthenwärme betheiligten [1]).

Das Maximum des Wärmeüberschusses $D_{max} = 3{,}32$ (Nr. 68) findet 1^h 5 Nachmittags, also 40 Minuten früher als L_{max} (Nr. 72) und etwa 40 Minuten früher als am vorhergehenden Tage statt. — Es sei noch erwähnt, was auch aus den Diagrammen ohne Weiteres zu ersehen ist, dass D_{max} nicht an den Enden, sondern inmitten einer Periode (von 12^h 45 bis 1^h 45) liegt, während welcher die Lufttemperatur nahezu gleichförmig zunimmt. Eine analoge Erscheinung zeigt sich am 14. Juni. Am 12. nahm in dieser Periode die Lufttemperatur ab. Am 11. Juni erhielt sich dieselbe constant.

Durch alle diese Beobachtungen möchte demnach die bereits auf Seite 231 ausgesprochene Behauptung, dass der Wärmeüberschuss (unbeirrt durch die Lufttemperatur) gegen Nachmittag hin seinem Maximum zustrebt, eine Bestätigung finden.

---

[1]) Wollte man die Frage wegen des Einflusses der Insolation der Blätter auf die Eigenwärme mit Bestimmtheit beantworten, so müsste man unbedingt tagelang bei constanter Temperatur und Sättigung der Luft die Blätter abwechselnd den directen Sonnenstrahlen aussetzen und durch undurchsichtige Schirme vor den Sonnenstrahlen schützen.

Vergleicht man noch die Beobachtungen der beiden vorangehenden Tage mit denen am heutigen, so zeigt sich, dass, wenn auch nicht in gleichem Grade, so doch in gleichem Sinne der absolute Werth von D_{max} mit zu- oder abnehmender Lufttemperatur sich ändert.[1])

---

14. Juni.

Fünfter Tag nach der Oeffnung der Blüthenscheide.

(Hierzu Tabelle Va und Diagramm Vb.)

Die Beobachtungen begannen 10h Morgens bei bewölktem Himmel. Da am gestrigen Tage die Lufttemperatur über 19° C. gesteigert werden musste (Nr. 60 u. ff.), bevor eine lebhafte Entwickelung der Eigenwärme der Blüthe eintrat, wurde auch heute vor Beginn der Beobachtungen durch starkes Anheizen des Zimmerofens die Temperatur auf jene Höhe gebracht.

Die bedeutenden Temperaturschwankungen des heutigen Tages wurden absichtlich herbeigeführt, um den muthmasslichen Einfluss derselben auf die Blüthenwärme bezw. den Wärmeüberschuss kennen zu lernen.

[1]) Der Vergleich der Beobachtungen an den letzten drei Tagen führt nämlich auf folgende kleine Zusammenstellung:

L	Differenz	D_{max}	Differenz
13. Juni — 21,18		3,32	
	3,28		0,22
11. Juni — 17,90		3,10	
	1,275		0,35
12. Juni — 16,625		2,75	

Am 13. haben L und D_{max} ihre grössesten, am 12. ihre kleinsten Werthe, die correspondirenden Zahlen am 11. Juni liegen dazwischen.

Die Thermometer sowie die Blüthe waren in derselben Weise wie an den vorhergehenden Tagen umhüllt.

Die in der Tabelle Va und den Diagrammen Vb aufgezeichneten Beobachtungen folgen nicht in gleichen Zeitintervallen aufeinander.

Im Ganzen zeigen die Temperaturlinien, dass die Blüthenwärme zwar den Schwankungen der Lufttemperatur nachahmt, jedoch stets eine gewisse Selbstständigkeit behält:

Von 11^h bis 12^h steigt B energischer als L.

Von 12^h bis 12^h 30 nimmt L ab, auch B giebt nach, aber weit weniger.

Von 12^h 30 bis 1^h nehmen L und B fast genau um denselben Betrag zu; B etwas mehr als L.

Um 1^h tritt das Maximum des Wärmeüberschusses (D_{max} = 2,44° C.) ein, also nur 5 Minuten früher als am vorhergehenden Tage. Bemerkenswerth ist noch, dass das Maximum in die Mitte einer Periode fällt, in welcher bei nahezu gleicher Beleuchtung die Lufttemperatur fast gleichförmig zunimmt.

Von 1^h ab bis 1^h 30 nehmen fortgesetzt beide Temperaturen zu, B etwas weniger als L.

Von 1^h 30 bis 2^h steigt L etwas, B dagegen bleibt durchaus constant.

Von 2^h bis 3^h 30 fällt L um 0,86° C., B sinkt um mehr als den doppelten Betrag [2,05° C.].[1]

Von 3^h 30 bis 4^h 45 geht L beträchtlich in die Höhe, nämlich von 23,25° C. bis auf 29,5° C., B steigt ebenfalls und zwar wieder weit energischer als L. Auffallend ist, dass trotz der hohen Lufttemperatur während dieser Zeit der Wärmeüberschuss bei Weitem nicht das um 1^h stattgehabte Maximum erreicht.

---

[1]) Die Schwankungen der Lufttemperatur (L) von 1^h 20 bis 3^h 30 (Nr. 78 bis 81), nämlich zuerst rapide Steigerung von 1^h 20 bis 1^h 30, hierauf nahezu Constanterhaltung von 1^h 30 bis 2^h und schliesslich Verminderung von 2^h bis 3^h 30 wurden besonders deshalb herbeigeführt, um zu ermitteln, ob nicht der Wärmeüberschuss auf die eine oder andere Weise gesteigert werden könne. In keinem Falle wuchs D über den 1^h beobachteten Maximalwerth. Es scheinen deshalb die Resultate dieser, sowie der noch folgenden Beobachtungen des heutigen Tages ganz besonders die Behauptung zu stützen, dass das um 1^h (Nr. 77) beobachtete D_{max} unabhängig von der Lufttemperatur durch eine specifische Kraft der Pflanze herbeigeführt wurde.

Von 4^h 45 bis 5^h sinkt L rasch, noch beschleunigter B, so dass am Ende dieser Zeit letztere sogar unter L heruntergeht und bei fortgesetzter zwar weniger beschleunigter Abnahme während der folgenden 15 Minuten (5^h bis 5^h 15) noch immer hinter L zurückbleibt. Erst bei der nunmehr während der folgenden 10 Minuten (5^h 15 bis 5^h 25) eintretenden geringen Zunahme von L erhebt sich B wiederum wesentlich über L und erhält sich constant auf dieser Höhe innerhalb 5 Minuten (5^h 25 bis 5^h 30), obgleich L wieder etwas heruntergeht.

In den nächsten 30 Minuten (5^h 30 bis 6^h), sowie in den darauffolgenden 60 Minuten (6^h bis 7^h) fällt L sehr erheblich; im Ganzen über 8 ° C. Während dieser Zeit sinkt mit noch grösserer Beschleunigung auch die Blüthentemperatur B, bleibt aber immer noch etwas höher als jene. Erst während des nun erfolgenden Steigens von L bleibt B bald zurück, ohne an dem heutigen Tage die Lufttemperatur wieder zu erreichen.

Theilt man die Beobachtungen am 14. Juni in die drei Perioden:

von 11^h Morgens bis 2^h Nachmittags,
„ 2^h Nachmittags bis 7^h Nachmittags,
„ 7^h Nachmittags bis 1^h Morgens,

so ergiebt sich, wie mit Hilfe der entsprechenden Wärmelinien leicht zu übersehen ist, Folgendes:

In der ersten Periode, in welcher D_{max} erscheint, steigt mit Ausnahme des Zeitintervalles von 12^h bis 12^h 30 die Lufttemperatur ziemlich gleichförmig. Die Blüthentemperatur hält nahezu gleichen Schritt, wächst jedoch vor Eintritt des D_{max} mit grösserer Energie als nachher, was noch daraus hervorgeht, dass trotz des nicht unerheblichen Fallens der Lufttemperatur von 12^h bis 12^h 30 doch die Blüthentemperatur sich nahezu constant erhält, während von 1^h 30 bis 2^h die Blüthentemperatur constant bleibt, obgleich die Lufttemperatur steigt[1]) (und noch dazu die Beleuchtung, welche bislang ziemlich gleichmässig geblieben war, unzweifelhaft an Intensität zunimmt).

---

[1]) Eine analoge Erscheinung fand am vorigen Tage (13. Juni) statt: 35 Minuten vor Eintritt des Wärmeüberschuss-Maximums (Nr. 65) erhält sich trotz Fallens der Lufttemperatur die Blüthenwärme nahezu constant. 40 Minuten nach erfolgtem Wärmeüberschuss-Maximum fällt die Blüthentemperatur, obgleich die Lufttemperatur fast constant bleibt.

Im Ganzen macht es den Eindruck, als ob eine Kraft in der Pflanze thätig wäre, welche der Blüthe in den Mittagsstunden einen möglichst hohen Wärmeüberschuss über die Umgebung zu verleihen und zu erhalten suche.

In der zweiten Periode finden erhebliche Schwankungen der Lufttemperatur statt. Die Blüthentemperatur unterliegt gleichzeitigen Schwankungen, aber von noch weit grösserer Amplitude. Sie steigt nicht nur rascher während der Zunahme der Lufttemperatur

(von 3^h 30 bis 4^h 45 und von 5^h bis 5^h 25),

sondern sie fällt sonderbarer Weise auch rascher in den Zeiträumen, in welchen die Lufttemperatur abnimmt

(von 2^h bis 3^h 30, 4^h 45 bis 5^h 15 und 5^h 30 bis 7^h).

Fünf Uhr sinkt sie sogar noch unter letztere herab, so dass sich jetzt ein negativer Wärmeüberschuss ergiebt.

Für letztere Erscheinung konnte Verfasser in den obwaltenden Umständen keine Erklärung finden. Wenigstens liessen sich trotz sorgfältigen Nachforschens während der Beobachtung keine Gründe ausfindig machen, auf welche ein Verschwinden der Lebenswärme oder vielleicht eine energischere Verdunstung in der Blüthe, beziehungsweise die daraus resultirende rasche Abkühlung hätte zurückgeführt werden können. Auch war an der Lage und Umhüllung der Thermometer durchaus keine Aenderung vorgenommen. Selbst die Möglichkeit vorausgesetzt, es wäre zufällig die Kugel des eingesteckten Thermometers mit kälteren Punkten der Blüthe in Berührung gekommen, so würde wiederum die von 5^h 15, also unmittelbar darauffolgende energischere Temperaturzunahme der Blüthe nicht aufgeklärt sein. Es erwacht nämlich bald nach 5^h 15, ohne dass die Beleuchtung sich merklich ändert, jedoch bei Zunahme der Lufttemperatur die Blüthe zu neuer Energie und erhält von 5^h 25 bis 5^h 30 einen Temperaturüberschuss von etwa 1°. (Erst von 5^h 25 bis 5^h 28 findet Insolation statt.)

In der dritten Periode bleibt die Blüthentemperatur stets hinter der Lufttemperatur zurück, trotzdem um 11^h genau dieselbe Lufttemperatur vorhanden ist als 5^h 30.

Im Ganzen bestätigen die heutigen Beobachtungen die Vermuthung des Verfassers, dass bedeutende Schwankungen der Lufttemperatur

den Verlauf des Vegetationsprocesses im Innern der Blüthe nicht unwesentlich stören würden.

Am 15. Juni zerbrach kurz nach Beginn der Beobachtungen (8h Morgens) das eine der zu den Messungen benutzten Thermometer, es mussten deshalb, da der Verlust zur Zeit nicht ersetzt werden konnte, die Beobachtungen hier abgebrochen werden.

Resumé.

Die wichtigsten Ergebnisse der vorbemerkten Beobachtungen lassen sich kurz in folgende Sätze zusammenfassen:

Die Blüthen- (Kolben-) Temperatur (B) der *Colocasia odora* ahmt im Allgemeinen den Schwankungen der Lufttemperatur (L) nach.

Der Wärmeüberschuss (D = B — L) scheint, übrigens constante Verhältnisse (dieselbe Tageszeit, Beleuchtung etc.) vorausgesetzt, sich in demselben Sinne (aber nicht in gleichem Grade), mit der Lufttemperatur zu verändern, bei Abnahme der letzteren sich zu vermindern, bei Zunahme (bis zu einem oberen Grenzwerthe) sich zu vergrössern, und wird aller Wahrscheinlichkeit nach beim Ueberschreiten bestimmter unterer und oberer Grenzwerthe der Lufttemperatur ganz verschwinden.

Rasch hintereinander folgende Schwankungen der Lufttemperatur scheinen merkliche Anomalien der Blüthenwärme resp. des Wärmeüberschusses zur Folge zu haben. So zeigte sich deutlich, dass bei starken Schwankungen der Lufttemperatur die Blüthentemperatur correspondirenden Schwankungen aber von noch weit grösserer Amplitude unterlag. Sie stieg nicht nur rascher während der Zunahme der Lufttemperatur, sondern sie fiel sonderbarer Weise auch rascher in denjenigen Zeiträumen, in welchen die Lufttemperatur abnahm.

In welcher Weise Helligkeitsveränderungen des diffusen Tageslichtes bezw. eine Insolation der Blätter die Blüthentemperatur oder den Wärmeüber-

schuss influiren, hat an dem einen Blüthenexemplare so bestimmt nicht nachgewiesen werden können, dass sich daraus irgend welche Schlüsse ziehen liessen. Zwar glaubte der Verfasser während der Beobachtungen in einzelnen Fällen wahrzunehmen, dass sowohl bei plötzlicher Bestrahlung der Blätter durch das Sonnenlicht, als auch sogar bei mit den Augen deutlich wahrnehmbaren Helligkeitsschwankungen des diffusen Tageslichtes das in der Blüthenscheide befindliche Thermometer (B) stärker reagire als das Thermometer (L), doch wurden auch hiervon abweichende Beobachtungen gemacht. Durch Anwendung empfindlicherer Wärmemesser, als dem Verfasser zu Gebote standen, würde sich wahrscheinlich ergeben, dass nicht allein die dunkelen Wärmestrahlen, sondern auch die leuchtenden Strahlen des Lichtes die Eigenwärme des Kolbens beeinflussen. Eine mehrere Stunden fortgesetzte Beleuchtung der Colocasialblätter durch sechs Stearinkerzen, sowie eine allerdings nur kurze Zeit herbeigeführte Beleuchtung mittelst eines äusserst intensiven Magnesiumlichtes führte scheinbar keine messbare Veränderung der Blüthentemperatur herbei. —

Dagegen wurde mit Bestimmtheit festgestellt, dass der Wärmeüberschuss (D = B — L) durch eine der Pflanze eigenthümliche physiologische Kraft regulirt wird, welche demselben eine tägliche Periodicität verleiht.

So stellte sich an allen Beobachtungstagen trotz verschiedener von aussen auf die Pflanze einwirkenden Einflüsse das Maximum des Wärmeüberschusses stets in den ersten Nachmittagsstunden ein.

In den beiden Fällen, in welchen auch Nachts regelmässig beobachtet wurde, zeigte sich der geringste Werth des Wärmeüberschusses um die Nachtzeit.

Nach den Beobachtungen an den einzelnen Tagen ergaben sich für die Maxima des Wärmeüberschusses (D_{max}), der Lufttemperatur (L_{max}) und der Blüthentemperatur (B_{max}) folgende numerische Werthe:

Am 11. Juni erschien:

D_{max} = 3,1 ° C. (bei einer gleichzeit. Lufttemperatur L = 17,9 ° C.) um 2^h15 Nachm. (Nr. 24),
L_{max} = 18,3 ° C. („ „ „ Blüthentemp. B = 20,75 ° C.) „ 3^h „ (Nr. 27),
B_{max} = 21,0 ° C. („ „ „ Lufttemperatur L = 17,9 ° C.) „ 2^h15 „ (Nr. 24).

Am 12. Juni erschien:

D_{max} = 2,75 °C. (bei einer gleichzeit. Lufttemperatur L = 16,625 °C.) um 1^h45 Nachm. (Nr. 51),
L_{max} = 18,9 °C. („ „ „ Blüthentemp. B = 21,1 °C.) „ 3^h45 „ (Nr. 56),
B_{max} = 21,1 °C. („ „ „ Lufttemperatur L = 18,9 °C.) „ 3^h45 „ (Nr. 56),
[B_{max} = 21,125 °C. („ „ „ Lufttemperatur L = 18,8 °C.) „ 10^h Morgens (Nr. 36)].

Am 13. Juni erschien:

D_{max} = 3,32 °C. (bei einer gleichzeit. Lufttemperatur L = 21,18 °C.) um 1^h 5 Nachm. (Nr. 68),
L_{max} = 23,06 °C. („ „ „ Blüthentemp. B = 25,75 °C.) „ 1^h45 „ (Nr. 72),
B_{max} = 25,75 °C. („ „ „ Lufttemperatur L = 23,06 °C.) „ 1^h45 „ (Nr. 72).

Am 14. Juni erschien:

D_{max} = 2,44 °C. (bei einer gleichzeit. Lufttemperatur L = 20,935 °C.) um 1^h Nachm. (Nr. 77),
L_{max} = 27,69 °C. („ „ „ Blüthentemp. B = 29,5 °C.) „ 4^h45 „ (Nr. 83),
B_{max} = 29,5 °C. („ „ „ Lufttemperatur L = 27,69 °C.) „ 4^h45 „ (Nr. 83).

Danach erfolgte D_{max} jeden folgenden Tag etwas früher, übrigens stets Nachmittags und war in keinem Falle an das Maximum der Lufttemperatur gebunden, denn es ergab sich, dass D_{max} an keinem der Beobachtungstage mit L_{max} zusammenfiel[1]), obgleich die Blüthentemperatur im Allgemeinen mit der Lufttemperatur stieg. —

Das Maximum der Blüthentemperatur dagegen coincidirte mit Ausnahme des 11. Juni, an allen Beobachtungstagen mit dem Maximum der Lufttemperatur. —

Die in den folgenden Diagrammen mit B und L bezeichneten Linien sind dadurch gewonnen, dass die im Laufe des Tages ermittelten Blüthen- bezw. Lufttemperaturwerthe in Centigraden als (horizontale) Ordinaten, die Beobachtungszeiten als (verticale) Abscissen aufgetragen wurden. — Der Verlauf dieser Linien stellt somit die Schwankungen der betreffenden Temperaturen als Function der Tageszeit dar.

Die Linie D veranschaulicht in analoger Weise die Schwankungen der Eigenwärme der *Colocasia*-Blüthe, d. h. diejenigen Werthe, um welche sich zu den einzelnen Tageszeiten die Blüthentemperatur über die der Lufttemperatur erhebt. —

[1]) D_{max} erfolgte an allen Beobachtungstagen früher als L_{max}.

Clausthal, den 10. April 1879.

Tabelle I[a]

zu den Seiten 225 bis incl. 227 gehörig.

Iª.

Centesimalgrade.

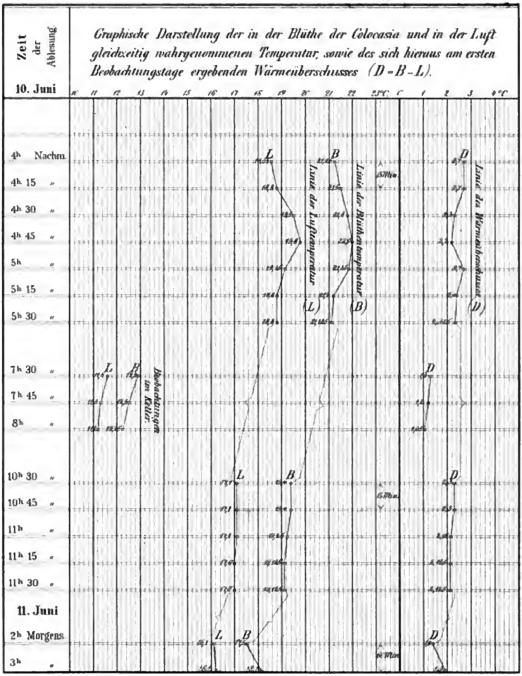
No. der Ablesung	Zeit der Ablesung 10. Juni	Bemerkungen	Blüthen-temperatur B	Zunahme der Blüthen-wärme b*) auf 15 Min. reducirt	Luft-temperatur L	Zunahme der Luft-temperatur l*) auf 15 Min. reducirt	Wärme-überschuss D = (B-L)	Zunahme des Wärme-überschusses d auf 15 Min. reducirt	
	3^h Nachm. 3^h 50 „	**Aufstellung der Colocasia in der Mitte des Zimmers.** Starkes Gewitter mit Hagel.	—	—	—	—	—	—	
1	4^h „	Sonnenschein.	21,25		18,55		2,70		
2	4^h 15 „	„	21,50	+0,25	18,80	+0,25	2,70	±0,00	
3	4^h 30 „	Sonnenschein mit Unterbrechungen.	21,80	+0,30	19,50	+0,70	2,30	—0,40	
4	4^h 45 „	„ „ „	22,00	+0,20	19,80	+0,30	2,20	—0,10	
5	5^h „	4^h 50 Starkes Gewitter mit Hagel. Sonnenschein mit Unterbrechungen.	21,85	—0,15	19,15	—0,65	2,70	+0,50	
6	5^h 15 „	Sonnenschein.	21,20	—0,65	18,80	—0,35	2,40	—0,30	
7	5^h 30 „	„	21,125	—0,075	18,80	±0,00	2,325	—0,075	
8	6^h „ 7^h 30 „	**Aufstellung der Colocasia im Keller.** (Zwei brennende Kerzen in so grosser Entfernung von der Coloc., dass die Thermometer nicht merklich erwärmt wurden, dienten zur Beleuchtung.)	12,90		11,60		1,30		
9	7^h 45 „	„	12,50	—0,40	11,30	—0,30	1,20	—0,10	
10	8^h „	„	12,25	—0,25	11,20	—0,10	1,05	—0,15	
11	8^h 30 „ 10^h 30 „	**Aufstellung der Colocasia in der Mitte des Zimmers wie oben** (No. 1—7.) (8^h 18 Sonnenuntergang.) (Zwei brennende Kerzen in derselben Entfernung wie sub No. 8—10 dienten zur Beleuchtung.)	19,4		17,1		2,30		
12	10^h 45 „	„	19,4	0,00	17,1	0,00	2,30	0,00	
13	11^h „	„	19,25	—0,15	17,1	0,00	2,15	—0,15	
14	11^h 15 „	„	19,125	—0,125	17,0	—0,10	2,125	—0,025	
15	11^h 30 „	„	19,125	±0,00	17,0	±0,00	2,125	±0,00	
	11. Juni								
16	2^h Morgens.		17,5		16,1		1,4		
17	3^h „	(3^h 40 Sonnenaufgang.)	18,1	+0,15*)	16,2	+0,025*)	1,9	+0,125*)	(auf 15 Minuten reducirt.)

*) Siehe Anmerkung auf Seite 52.

(Fortsetzung auf Seite IIª).

Ib.

Centesimalgrade.



In den Originaldiagrammen sind durchweg „15 Minuten" als Maasseinheit für die Abscissen angenommen. Wo in den Lithographien 60' (oder auch weniger) Minuten als Einheit eingeführt werden, erscheint die Linie demnach um den vierfachen Betrag steiler (oder im Verhältniss auch weniger steil). *Die Redaction.*

Tabelle II[a]

zu den Seiten 227 bis incl. 230 gehörig.

II a.

Centesimalgrade.

No. der Ablesung	Zeit der Ablesung 11. Juni	Bemerkungen	Blüthen-temperatur B	Zunahme der Blüthen-temperatur b auf 15 Min. reducirt	Luft-temperatur L	Zunahme der Luft-temperatur l auf 15 Min. reducirt	Wärme-überschuss D = B-L	Zunahme des Wärme-überschusses d auf 15 Min. reducirt	
16	2^{h} Morgens.	Die Colocasia steht seit 8^{h} 30 Abends in der Mitte des Zimmers.	17,5		16,1		1,4		D min.
17	3^{h} ,,	(2^{h} 45 Morgens.)	(18,0) 18,1	+0,15	(16,125) 16,2	+0,025	1,9	+0,125	
18	4^{h} ,,	(3^{h} 40 Sonnenaufgang.) (3^{h} 20 Morgens.)	(18,125) 17,5	—0,15	(16,2) 15,9	—0,075	1,6	—0,075	
19	5^{h} ,,		17,2	—0,075	15,6	—0,075	1,6	$\mp$0,00	
20	6^{h} ,,		17,125	—0,019	15,2	—0,10	1,925	+0,081	B min. L min.
21	7^{h} ,,		17,125	$\mp$0,000	15,2	$\mp$0,00	1,925	$\pm$0,00	
22	8^{h} ,,		17,375	+0,0575	15,3	+0,025	2,075	+0,04	
23	2^{h} Nachm.	Hell bei schwach bedecktem Himmel.	20,7		17,9		2,8		
24	2^{h} 15 ,,	,,	21,0	+0,3	17,9	$\pm$0,00	3,1	+0,30	B max. D max.
25	2^{h} 30 ,,	,,	20,8	—0,2	17,9	0,00	2,9	—0,20	
26	2^{h} 45 ,,	Sonnenschein. (Die Col. konnte nicht von den Sonnenstrahlen getroffen werden.)	20,7	—0,1	17,9	0,00	2,8	—0,10	
27	3^{h} ,,	Sonnenschein.	20,75	+0,05	18,3	– 0,40	2,45	—0,35	L max.
28	3^{h} 15 ,,	,,	20,75	$\pm$0,00	18,3	+0,00	2,45	$\mp$0,00	
29	3^{h} 30 ,,	,,	20,75	$\pm$0,00	18,3	$\mp$0,00	2,45	0,00	
30	9^{h} ,,	(8^{h} 30 Sonnenuntergang.)	20,625		18,2		2,425		
31	9^{h} 15 ,,		20,625	0,00	18,2	0,00	2,425	0,00	
32	9^{h} 30 ,,	Von 9^{h} 30 an Beleuchtung der Coloc. durch 1 Kerze.	20,625	0,00	18,2	0,00	2,425	0,00	
33	9^{h} 45 ,,	,,	20,6	—0,025	18,375	+0,175	2,225	—0,2	
34	10^{h} ,,	Von 10^{h} an Beleuchtung der Coloc. durch 4 Kerzen.	20,45	—0,15	18,8	– 0,075	2,15	—0,075	
35	10^{h} 15 ,,	,,	20,55	+0,10	18,65	+0,35	1,90	—0,25	

II b.

Centesimalgrade.

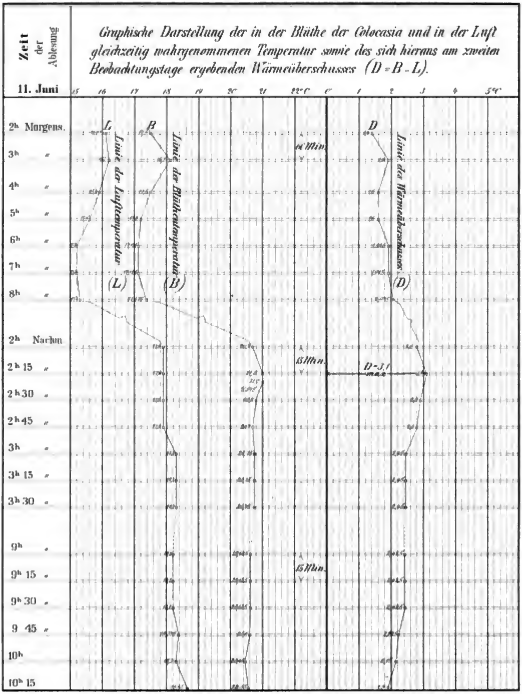


Tabelle III[a]

zu den Seiten 230 bis incl. 232 gehörig.

IIIᵃ.

Centesimalgrade.

No. der Ablesung	Zeit der Ablesung 12. Juni	Bemerkungen	Blüthen-temperatur B	Zunahme der Blüthen-temperatur b	Luft-temperatur L	Zunahme der Luft-temperatur l	Wärme-überschuss D = (B-L)	Zunahme des Wärme-überschusses d	
36	8^h Morgens. 10^h **Morgens.**	**Aufstellung der Coloc. am Ostfenster.** Von 9^h 45 bis 10^h Sonnenschein. Die Strahlen treffen senkrecht auf die vorderen Blattflächen.	21,125		18,8		2,325		L max. B max.
37	10^h 15 ,,	Kurz nach 10 Uhr bewölkt sich der Himmel.	20,875	—0,25	18,375	—0,425	2,5	+0,125	
38	10^h 30 ,,		20,125	—0,75	17,9	—0,475	2,225	—0,275	
39	10^h 45 ,,		19,8	—0,325	17,5	—0,4	2,3	+0,075	
40	11^h ,,		19,7	—0,1	17,3	—0,2	2,4	+0,1	
41	11^h 15 ,,	Von 10^h 15 bis 12^h starker Gewitterregen, welcher von Zeit zu Zeit heftig gegen das Fenster schlägt, an welchem die Col. aufgestellt ist.	19,5	—0,2	17,3	+0,0	2,2	—0,2	
42	11^h 30 ,,		19,5	±0,00	17,3	±0,0	2,2	±0,0	
43	11^h 45 ,,		19,375	—0,125	17,1	—0,2	2,275	+0,075	
44	12^h ,,		19,125	—0,25	16,9	—0,2	2,225	—0,05	
45	12^h 15 **Nachm.**	Das Wetter hat sich etwas beruhigt. Dunkel. Wind ohne Regen.	19,125	±0,00	16,9	±0,0	2,225	±0,0	
46	12^h 30 ,,	Dunkel. Wind ohne Regen.	19,125	+0,00	16,9	+,00	2,225	±0,0	
47	12^h 45 ,,	12^h 40 wird es etwas heller. Wind ohne Regen.	19,8	+0,675	17,5	+0,6	2,3	+0,075	
48	1^h ,,	12^h 50 hell ohne Sonnenschein. 12^h 55 der Himmel bewölkt sich mehr.	20,0	+0,2	17,5	+0,0	2,5	+0,2	
49	1^h 15 ,,	1^h 5 wird es etwas heller. 1^h 10 hell ohne Sonnenschein. 1^h 15 dunkel, Wind mit Regen.	20,1	+0,1	17,5	+0,0	2,6	+0,1	
50	1^h 30 ,,		20,1	±0,0	17,4	—0,1	2,7	+0,1	D max.
51	1^h 45 ,,	Von 1^h 15 bis 2^h Wind mit Regen.	19,375	—0,725	16,625	—0,775	2,75	+0,05	
52	2^h ,,		19,0	—0,375	16,6	—0,025	2,4	—0,35	
53	2^h 15 ,, 3^h ,,	**Aufstellung der Coloc. am Westfenster.** Seit 2^h 50 hell ohne Sonnenschein.	18,9		17,0		1,9		
54	3^h 15 ,,		19,0	+0,1	17,2	+0,2	1,8	—0,1	
55	3^h 30 ,,	Matter Sonnenschein.	20,75	+1,75	18,875	+1,675	1,875	+0,075	
56	3^h 45 ,,	Hell ohne Sonnenschein.	21,1	+0,35	18,9	+0,025	2,2	+0,325	L max. B max.

III b.

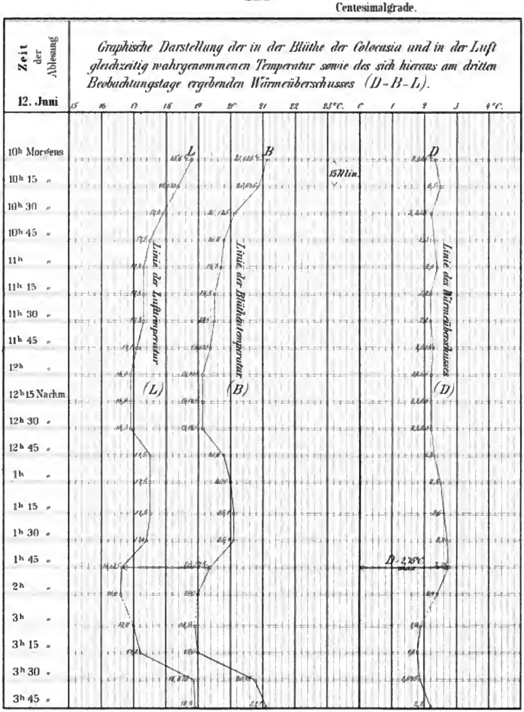

Centesimalgrade.
Zeit der Ablesung
Graphische Darstellung der in der Blüthe der Colocasia und in der Luft gleichzeitig wahrgenommenen Temperatur sowie des sich hieraus am dritten Beobachtungstage ergebenden Wärmeüberschusses (D-B-L).
12. Juni
15
16
17
18
19
20
21
22
23°C.
0
1
2
3
4°C.
10h Morgens
10h 15 "
10h 30 "
10h 45 "
11h "
11h 15 "
11h 30 "
11h 45 "
12h "
12h 15 Nachm
12h 30 "
12h 45 "
1h "
1h 15 "
1h 30 "
1h 45 "
2h "
3h "
3h 15 "
3h 30 "
3h 45 "
L
B
D
Linie der Lufttemperatur
Linie der Blüthentemperatur
Linie des Wärmeüberschusses
(L)
(B)
(D)

Tabelle IV[a]

zu den Seiten 232 bis incl. 234 gehörig.

IV a.

Centesimalgrade.

No. der Ablesung	Zeit der Ablesung 18. Juni	Bemerkungen	Blüthen-temperatur B	Zunahme der Blüthen-temperatur b auf 15 Min. reducirt	Luft-temperatur L	Zunahme der Luft-temperatur l auf 15 Min. reducirt	Wärme-überschuss D = (B-L)	Zunahme des Wärme-überschusses d auf 15 Min. reducirt	
	9^h Morgens	**Aufstellung der Coloc. am Südfenster.**							
57	11^h **Morgens**	Trübe. Wind mit Regen. Seit 10^h 30 war der Zimmerofen stark angeheizt.	16,625		16,55		0,075		
58	11^h 15 „	„	17,00	+0,375	16,815	+0,265	0,185	+0,11	
59	11^h 30 „	„	17,75	+0,75	17,565	+0,75	0,185	±0,00	
60	11^h 45 „	„	19,25	+1,50	19,065	+1,50	0,185	±0,00	
61	11^h 50 „	Von 11^h49 bis 11^h50 Insolation der Blätter.	19,95	+2,10	19,45	+1,155	0,5	+0,945	
62	12^h „	Hell ohne Sonnenschein.	20,3	+0,525	19,6	+0,225	0,7	+0,3	
63	12^h 10 **Nachm.**	Kurz vor der Beobachtung Insolation der Blätter.	20,9	+0,9	19,8	+0,3	1,1	+0,6	
64	12^h 20 „	Hell ohne Sonnenschein.	22,625	+2,6	20,7	+1,35	1,925	+1,24	
65	12^h 30 „	Von 12^h23 bis 12^h25 matter Sonnenschein.	23,3	+1,0	20,8	+0,15	2,5	+0,862	
66	12^h 45 „	12^h 35 trübe, Regen. 12^h 36 starkes Gewitter. Die inneren Flächen der Fensterscheiben beschlagen. 12^h 40 wird es heller, der Regen lässt nach.	23,25	−0,05	20,3	−0,5	2,95	+0,45	
67	1^h „	Von 12^h 50 bis 1^h Insolation der Blätter. Die Sonne steht dem Fenster gegenüber, an welchem die Colocasia aufgestellt ist.	24,06	+0,81	20,81	+0,51	3,25	+0,3	
68	1^h 5 „		24,5	+1,32	21,18	+1,16	3,32	+0,21	$D_{max.}$
69	1^h 10 „	Von 1^h bis 1^h 35 abwechselnd Sonnenschein.	24,81	+0,93	21,56	+1,14	3,25	−0,21	
70	1^h 15 „		25,03	+0,66	21,875	+0,945	3,155	−0,285	
71	1^h 30 „		25,44	+0,41	22,35	+0,475	3,09	−0,065	
72	1^h 45 „	Seit 1^h 35 Sonnenschein mit wenig Unterbrechungen.	25,75	+0,31	23,06	+0,71	2,69	−0,40	$B_{max.}$
73	2^h „	1^h 53 verschwindet die Sonne. Von da ab bleibt es hell ohne Sonnenschein.	25,6	−0,15	23,0	−0,06	2,60	−0,09	$L_{max.}$

IV b.

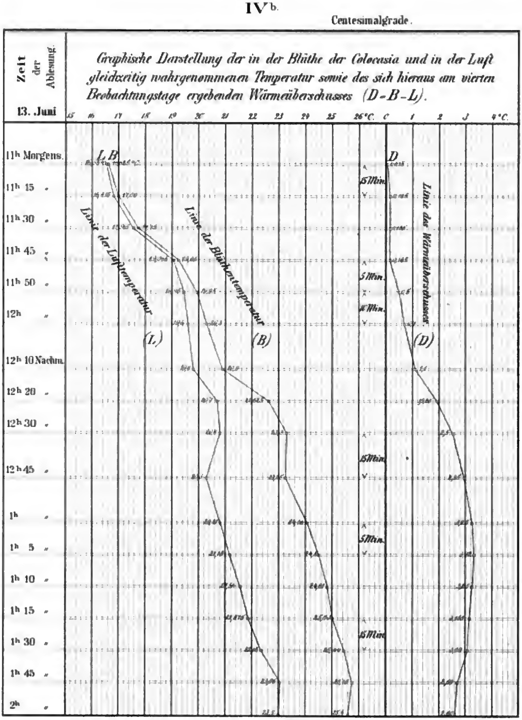

Centesimalgrade.
Zeit der Ablesung.
13. Juni
Graphische Darstellung der in der Blüthe der Colocasia und in der Luft gleichzeitig wahrgenommenen Temperatur sowie des sich hieraus am vierten Beobachtungstage ergebenden Wärmeüberschusses (D-B-L).
11h Morgens.
11h 15
11h 30
11h 45
11h 50
12h
12h 10 Nachm.
12h 20
12h 30
12h 45
1h
1h 5
1h 10
1h 15
1h 30
1h 45
2h
Linie der Lufttemperatur (L)
Linie der Blüthentemperatur (B)
Linie des Wärmeüberschusses (D)
L B
D
15 Min.
5 Min.
10 Min.

Tabelle V[a]

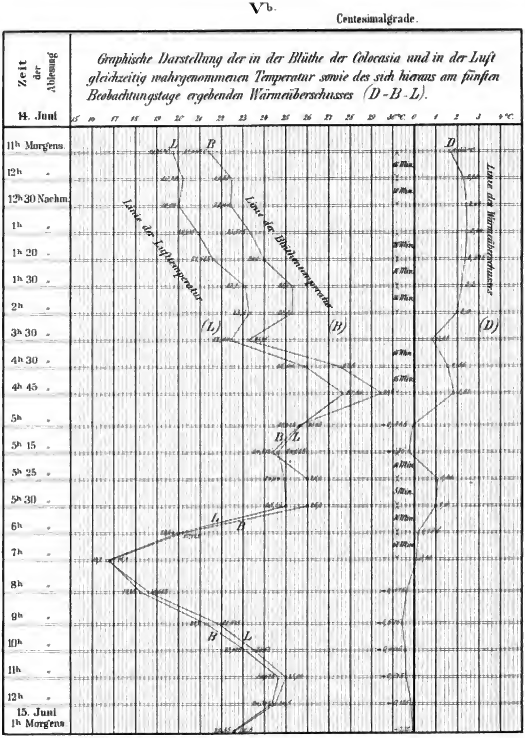
zu den Seiten 234 bis incl. 238 gehörig.

V a.

Centesimalgrade.

No. der Ablesung	Zeit der Ablesung 14. Juni	Bemerkungen	Blüthen-temperatur B	Zunahme der Blüthen-temperatur b auf 15 Min. reducirt	Luft-temperatur L	Zunahme der Luft-temperatur l auf 15 Min. reducirt	Wärme-überschuss D =(B-L)	Zunahme des Wärme-überschusses d auf 15 Min. reducirt	
74	11h Morgens	Hell ohne Sonnenschein. Seit 10h ist der Zimmerofen stark angeheizt.	21,44		19,75		1,69		
75	12h „	„	22,50	+0,265	20,22	+0,12	2,28	+0,147	
76	12h 30 Nachm.	„	22,44	—0,03	20,03	—0,095	2,41	+0,065	
77	1h „	„	23,375	+0,467	20,935	+0,452	2,44	+0,015	$D_{max.}$
78	1h 20 „	„	24,0	+0,468	21,625	+0,52	2,375	—0,049	
79	1h 30 „	Sonnenschein mit Unterbrechungen.	25,3	+1,95	23,1	+2,213	2,2	—0,262	
80	2h „	„ „ „	25,3	±0,00	23,3	+0,10	2,0	—0,1	
81	3h 30 „	Hell ohne Sonnenschein.	23,25	—0,34	22,44	—0,14	0,81	+0,198	
82	4h 30 „	Sonnenschein.	27,50	+1,06	25,94	+0,875	1,56	+0,187	
83	4h 45 „	„	29,50	+2,00	27,69	+1,75	1,81	0,25	B_{max}
84	4h 53 „ 5h „	verschwindet die Sonne. Hell ohne Sonnenschein.	25,625	—3,875	25,69	—2,00	—0,065	—1,875	$L_{max.}$
85	5h 15 „	„ „ „	24,375	—1,25	24,625	—1,065	—0,250	—0,185	
86	5h 25 „	„ „ „	26,00	+2,437	24,94	+0,472	1,06	+1,965	
87	5h 30 „	„ „ „	26,00	±0,00	25,00	+0,18	1,00	—0,18	
88	6h „	„ „ „	20,125	—2,937	19,94	—2,53	0,185	—0,404	
89	7h „	„ „ „	16,8	—0,831	16,7	—0,81	0,10	—0,021	
90	7h 15 „ 8h „	wird der Zimmerofen stärker angefeuert.	18,25	+0,36	18,625	+0,481	—0,375	—0,119	
91	8h 20 „ 9h „	Sonnenuntergang.	21,3	+0,76	21,875	+0,812	—0,575	—0,05	
92	10h „		23,125	+0,456	23,53	+0,411	—0,405	+0,04	
93	11h „		24,625	+0,375	25,00	+0,37	—0,375	0,001	
94	12h „		24,375	—0,062	24,5	—0,125	—0,125	+0,06	
96	15. Juni 1h Morgens		22,55	—0,456	22,6	—0,475	—0,050	+0,019	

Vb.


Centesimalgrade.
Zeit der Ablesung
Graphische Darstellung der in der Blüthe der Colocasia und in der Luft gleichzeitig wahrgenommenen Temperatur sowie des sich hieraus am fünften Beobachtungstage ergebenden Wärmeüberschusses (D - B - L).
14. Juni
11h Morgens.
12h
12h 30 Nachm.
1h
1h 20
1h 30
2h
3h 30
4h 30
4h 45
5h
5h 15
5h 25
5h 30
6h
7h
8h
9h
10h
11h
12h
15. Juni
1h Morgens.
Linie der Lufttemperatur
Linie der Blüthentemperatur
Linie des Wärmeüberschusses
(L)
(B)
(D)

NOVA ACTA
der Ksl. Leop.-Carol.-Deutschen Akademie der Naturforscher
Band XLI. Pars I, Nr. 5.

Bestimmungen des Monddurchmessers aus Neun Plejadenbedeckungen des Zeitraumes 1839 bis 1876, mit gleichzeitiger Ermittlung der Oerter des Mondes.

Von
Friedrich Küstner,
Dr. phil.

Eingegangen bei der Akademie den 4. November 1879.

HALLE.
1880.
Druck von E. Blochmann & Sohn in Dresden.
Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

Zur Lösung der Aufgabe, den Monddurchmesser aus Sternbedeckungen zu bestimmen, kann man zwei wesentlich verschiedene Wege einschlagen.

Der erste, roh skizzirt, gründet sich auf die Kenntniss der Position des beobachteten Sternes und des im Augenblicke seiner Bedeckung stattfindenden Mondortes, welch letzterer aus einer der Zeit nach möglichst nahe liegenden Meridian- oder Altazimut-Beobachtung zu berechnen ist. Die einfache Auflösung eines sphärischen Dreieckes liefert dann sofort einen Werth für den scheinbaren Halbmesser. Der Haupteinwurf gegen diese Methode, um denselben hier gleich zu erwähnen, folgt aus dem Umstande, dass bei der Herleitung des Mondortes aus der Beobachtung des Instrumentes die Kenntniss des scheinbaren Halbmessers, wie ihn das letztere zeigt, erforderlich ist, und ein Fehler in der Annahme desselben somit direct das aus der Sternbedeckung abgeleitete Resultat beeinflusst. Die Bestimmung dieses Halbmessers aber kann mit Sicherheit nur dann geschehen, wenn der Mond sehr voll beleuchtet ist (nach Airy's Vorschrift soll der Defect der Beleuchtung 3° der Mondoberfläche nicht übersteigen), während die meisten Sternbedeckungen gerade bei geringeren Phasen beobachtet werden, und es jedenfalls sehr unwahrscheinlich ist, dass jener für alle Phasen gleich sei; vom Einfluss des Luftzustandes, der Dämmerung etc. ganz zu geschweigen. — Die bedeutendste Arbeit, in welcher dieser erste Weg eingeschlagen, ist die Untersuchung von Breen: On the value of the moon's semidiameter etc., Greenw. Astr. Obs. 1864, App. I. Sie behandelt 296 in Greenwich und Cambridge von 1830—60 beobachtete Ein- und Austritte von Sternen. Fortsetzungen derselben finden sich in den beiden Aufsätzen von Neison, Monthly Notices XXXIV, p. 6

und 356, wo noch 176 zu Greenwich, Oxford und Cambridge in den sechziger Jahren beobachtete Occultationen nach demselben Plane berechnet sind.

Der zweite setzt die Kenntniss des Mondortes nicht voraus, sondern erstrebt dieselbe gleichzeitig mit der Ermittelung des Durchmessers. Von Erfolg kann dies offenbar nur dann sein, wenn entweder die Bedeckung mehrerer ihrem Orte nach bekannter Sterne beobachtet ist, und dabei die während ihrer Appulse verflossene Zeit die Dauer weniger Stunden nicht übersteigt, so dass man für dieselbe die Bewegung des Mondes als scharf bekannt annehmen kann: oder auch, wenn die Bedeckung Eines Sternes von mehreren Orten aus beobachtet worden ist. Beobachtungen letzterer Art (hauptsächlich also solche von Occultationen der vier Sterne erster Grösse: Aldebaran, Regulus, Spica und Antares), deren Reduction hier einen Erfolg verspräche, scheinen indess noch nicht vorzuliegen; immer findet sich entweder die Zahl der gut bestimmten Beobachtungsorte zu gering, oder ihre gegenseitige Lage zu ungünstig. Bedeckungen der ersten Art dagegen treten namentlich dann ein, wenn der Mond in seiner scheinbaren Bahn einen der drei grossen, in dem von ihm am Himmel bestrichenen Gürtel gelegenen Sternhaufen durchläuft, die unter den Namen der Plejaden, Hyaden und Praesepe bekannt sind. Besonders sind es hier die Durchgänge des Mondes durch die Plejaden, welche Beachtung verdienen. Ihre Wichtigkeit zur Bestimmung des Ortes und Durchmessers des Mondes, neben derjenigen der geographischen Längen, hat zuerst Bessel hervorgehoben; sie war eine der Veranlassungen zu seiner Festlegung der relativen Oerter der Plejadensterne am Königsberger Heliometer.

Bearbeitungen solcher Bedeckungen sind mehrere vorhanden. Dieselben haben aber meistens nicht sowohl die Ermittelung des Durchmessers und Ortes des Mondes, als vielmehr die der Längenunterschiede der Beobachtungsorte im Auge, entsprechend der Zeit ihres Erscheinens, wo noch Sternbedeckungen mit das sicherste Mittel zur Längenbestimmung waren, und man die telegraphische Methode nicht kannte. Die wichtigeren von ihnen sind, mit möglichst kurzer Inhaltsangabe, die folgenden:

Rosenberger, Reduction von 6 Plejadenbedeckungen der Periode 1820—22 zum Zwecke der Längenbestimmung, mitgetheilt von Bessel im 3. Bde. der Astr. Nachr. pag. 17 und 33 (weniger ausführlich auch im 9. Bde. der Königsberger

Beob.). — Der Radius ist hier nur bei dem Durchgange von 1820, VIII. 29. aus den zu Königsberg beobachteten 4 Eintritten und 6 Austritten zu bestimmen versucht. — Ableitungen von geographischen Längen aus denselben Bedeckungen lieferten auch noch Andere in den Astr. Nachr., namentlich Wurm.

Lejeune, Dissertatio astronomica Lugd. Batav. 1845. Hauptinhalt: Ermittelung der Meridiandifferenzen von sechs Sternwarten aus der Plejadenbedeckung von 1841, VIII. 10.; doch ist hier auch Mondort und Radius aus 52 Ein- und Austritten abgeleitet.

Seeling, Berechnung der Tafelfehler des Mondes aus der Plejadenbedeckung von 1858, II. 20., Astr. Nachr. 52. Bd. pag. 289. Aus 63 Eintritten sind Ort und Radius zu bestimmen versucht.

Peirce berechnete für die U. S. Coast Survey behufs der Längenbestimmung von Amerika gegen Europa eine bedeutende Anzahl von Plejadenbedeckungen der Perioden 1838—42 und 1857—61; die bezüglichen Aufsätze finden sich zerstreut in den Bänden der Coast Survey von 1855—61. Trotzdem die sehr breit angelegte Arbeit ziemlich weit vorgeschritten gewesen zu sein scheint, findet man doch kein Resultat abgeleitet (wenigstens nicht bis Band 1870 incl., die weiteren habe ich nicht einsehen können), vermuthlich weil, nachdem 1866 die elektrische Verbindung mit Europa gelungen, das Interesse daran verloren war, wobei noch andere hier nicht näher zu erörternde Gründe mitgewirkt haben mögen.

Linsser, Vier von Delisle beobachtete Plejadenbedeckungen (Mém. de l'Acad. de St. Pétersbourg, 1864). Dieselben werden mit Hansen's Mondtafeln verglichen. — Zu dem nämlichen Zwecke hat endlich in jüngster Zeit

Newcomb in seinen inhaltreichen „Researches on the motion of the moon“ (Part I, Wash. 1878) neben der Bearbeitung der anderen Bedeckungen und Finsternisse auch eine scharfe Reduction fast sämmtlicher vor 1750 geschehenen Beobachtungen von Plejadenbedeckungen geliefert.

Während also die Bestimmung des Monddurchmessers aus Sternbedeckungen nach der ersten der genannten Methoden durch die ausgedehnten Arbeiten der beiden englischen Astronomen vortrefflich vertreten war, war für dieselbe auf dem zweiten Wege wenig, fast nichts geschehen. Die grosse Menge aber der vorhandenen Beobachtungen, besonders von Plejadenbedeckungen der Periode 1857—61, zum Theil dabei an den grössten Refractoren — wie denen von Pulkowa und Cambridge M. — angestellt, forderte zu einer Verwerthung derselben auf; um so mehr, da jetzt für die meisten

Orte genaue telegraphische Längen benutzt werden konnten. Ich entschloss mich daher, die zweite Methode zu befolgen, und die namentlich in den letzten Jahrzehnten gelieferten Beobachtungen von Bedeckungen der Plejaden, Hyaden und Praesepe durch den Mond rücksichtlich einer unabhängigen Bestimmung des Monddurchmessers zu discutiren.

Nach Sichtung des betreffenden Materials erkannte ich jedoch bald, dass eine vollständige Bearbeitung desselben die Kräfte des einzelnen Rechners auf mehrere Jahre hinaus in Anspruch nehmen würde, und ich mich deshalb fürs erste auf einen Theil desselben würde beschränken müssen. Dies durfte aber für vorliegenden Zweck um so eher geschehen, als die Befürchtung, welche schon bei Durchsicht obiger Arbeiten (man vergleiche hier namentlich die Folgerungen, zu denen Bessel bei der Untersuchung der Plejadenbedeckungen der Periode 1820—22 gelangt, Astr. Nachr. 3. Bd. pag. 20 flg.) in mir aufgestiegen war, dass nämlich in sehr vielen Fällen die Trennung der Unbekannten — besonders der Correctionen des Radius und der Länge des Mondes — nicht mit genügender Schärfe möglich sein werde, durch die probeweise Berechnung einiger Bedeckungen als nur zu sehr begründet sich herausstellte. Nur diejenigen Durchgänge, bei welchen auch am hellen Rand wenigstens einige Momente gut beobachtet waren, schienen für den Radius ein leidlich sicheres Resultat zu versprechen.

Die Einseitigkeit des Phänomens ist es, die auch hier, wie bei fast allen Mondbeobachtungen, störend auftritt. Die Eintritte der Sterne in den hellen Rand und noch mehr ihre Austritte aus demselben sind, wie allgemein bekannt, schwierig und bei schwächeren Sternen überhaupt nur mit grossen Instrumenten wahrzunehmen. Dementsprechend sind bei den meisten der hier zu behandelnden Occultationen die Beobachtungen am hellen Rand entweder ganz unterblieben, — bisweilen freilich nicht ohne Schuld der Beobachter, — oder sie sind doch so zweifelhafter Natur, dass sie nicht wohl benutzt werden können. Zwei der erwähnten Berechner von Plejadenbedeckungen, Seeling und Peirce, haben deshalb auch die an diesem Rande beobachteten Momente von vornherein sämmtlich ausgeschlossen. Dies scheint aber doch zu weit gegangen. Jeder, welcher z. B. Gelegenheit gehabt hat, den Austritt eines Sternes erster Grösse aus dem hellen Rand zu beobachten, wird zugeben, dass die Auffassung eines solchen selbst an einem kleineren Instrumente,

sagen wir von 3 Zoll Oeffnung, an Schärfe der eines Eintrittes in den dunklen Rand durchaus nicht nachstehe. Bei gehöriger Rücksicht auf die äusseren Umstände, vor Allem der Grösse des bedeckten Sternes und der Kraft des angewandten Fernrohres, glaubte ich daher die am hellen Rande beobachteten Momente mit benutzen zu dürfen, indem mir auch bislang noch kein triftiger Grund für die Annahme nachgewiesen zu sein schien, dass die Beleuchtung des Randes ausser der Schwächung des Lichtes des Sternes, welche allerdings bei einem zu schwachen oder nicht gehörig focusirten Ocular sehr gefährlich werden kann, noch einen weiteren Einfluss haben möchte.

Bei Beachtung weiter des verhältnissmässig grossen Fehlers, mit welchem die Beobachtung Eines Ein- oder Austrittes wegen der Ungleichheiten des Mondrandes behaftet sein kann, und des Umstandes, dass es zur Vermeidung gewisser constanter Fehler wünschenswerth ist, dass die in Rechnung zu stellende Bedeckung an möglichst vielen Orten beobachtet sei, schien es angezeigt zu sein, den Plan der Arbeit dahin zu beschränken, dass nur solche Durchgänge der Rechnung unterworfen würden, bei denen insgesammt etwa dreissig sichere Momente und von diesen mindestens fünf am hellen Rande beobachtet waren (die Forderung, dass sich diese Beobachtungen auf mehrere Orte vertheilen sollten, erfüllte sich dann schon von selbst).

Indem dieser Maassstab angewandt wurde, fielen sämmtliche beobachtete Durchgänge des Mondes durch die Hyaden und Praesepe weg, ein Ergebniss, welches, wenn man sich die verschiedenartige Gestaltung der drei Sterngruppen vergegenwärtigt, nicht befremden kann; denn die Hyaden enthalten zwar sehr helle Sterne, sind aber so zerstreut, dass der Mond selbst im günstigsten Falle nur immer wenige von ihnen bedeckt und dazu noch so viel Zeit braucht — zwischen dem Eintritt von γ und dem Austritt von α tauri z. B. verfliessen ca. 10 Stunden, — dass auch die Voraussetzung der Constanz der Tafelfehler sehr bedenklich wird; die Krippe andererseits besteht wohl aus vielen und gedrängten Sternen, die Helligkeit dieser erreicht jedoch im Maximum nur die 6. Grösse, so dass namentlich eine genügende Zahl von sicheren Beobachtungen am hellen Rande nicht zu erwarten ist. Der Entschluss aber, auf die Beobachtungen dieser beiden Gruppen zu verzichten, konnte durch die Erwägung, dass von ihnen eine einheitliche heliometrische Vermessung, wie sie Bessel von den Plejaden geliefert hat, noch nicht vor-

liege, sich nur befestigen.[1]) — Von den Plejadenbedeckungen dagegen, — und ich glaube alle bekannt gewordenen Beobachtungen derselben aus dem Zeitraume 1820 bis 1877 gesammelt zu haben, — blieben folgende neun übrig:

1)	1839	März	19,
2)	1841	August	10,
3)	1857	October	6,
4)	1857	November	30,
5)	1858	Februar	20,
6)	1858	August	30,
7)	1859	April	6,
8)	1860	September	6,
9)	1876	October	6.

Die Beobachtungen selbst und ihre nähere Discussion sind im folgenden Abschnitt enthalten. Sie umfassen gegen 600 einzelne Ein- und Austritte, und musste somit die zu ihrer Reduction erforderliche Arbeit als immerhin noch recht bedeutend veranschlagt werden.

Von den sonstigen Durchgängen des Mondes durch die Plejaden hätte dem Plane gemäss allein noch der von 1822, X. 31., mit 12 Eintritten in den hellen und 28 Austritten aus dem dunklen Rand, mitgenommen werden sollen. Bedenkt man aber, dass erstens derselbe nur Einen Tag nach dem Vollmond stattfand, also für die damaligen kleinen Fernröhre sehr schwierig war, und dass zweitens für mehrere der Beobachtungsorte die Zeitbestimmung Zweifeln unterworfen ist, indem sie wahrscheinlich auf Sonnen- resp. Sextantenbeobachtungen beruht, so wird man seinen Ausschluss gerechtfertigt finden.

Nachfolgende Untersuchung wird sich also allein mit den angeführten neun Plejadenbedeckungen beschäftigen, um aus ihnen womöglich einen sicheren, von Meridianbeobachtungen und von den Tafelfehlern unabhängigen Werth für den Monddurchmesser zu gewinnen; die Tafelfehler müssen sich dabei für die neun Tage gleichzeitig mit ergeben. Liefern diese Durchgänge einen sicheren

---

[1]) So viel mir bekannt, ist allerdings die Krippe von A. Winnecke am grossen Bonner Heliometer vermessen worden; diese Arbeit ist aber noch nicht publicirt. Ausserdem hat von derselben A. Hall in Washington eine ausgedehnte Vermessung mit dem Fadenmikrometer des Neunzöllers vorgenommen, auf welcher sein: Catalogue of 151 Stars in Praesepe, Wash. Obs. 1867, App. IV, beruht.

Werth, so sind mit diesem dann auch alle einseitig beobachteten Bedeckungen von Sterngruppen zur Herleitung von Mondörtern verwendbar, und somit für die Theorie der Mondbewegung von hoher Wichtigkeit; ist dies nicht der Fall, so möchte das Resultat auch durch Hinzunahme aller bisher geschehenen Beobachtungen dieser Art nicht wesentlich verschärft werden können. Man muss dann entweder diese Methode ganz verlassen und die erste befolgen, bei welcher aber gerade diese Bedeckungen den ihnen eigenthümlichen Werth verlieren, oder sich auf die Zukunft und auf die grössere Kraft der Instrumente und Sorgfalt der Beobachter vertrösten.

Die Beobachtungen und ihre Discussion.

Zunächst einige Worte über die Auswahl der einzelnen, zu den neun hier zu behandelnden Plejadenbedeckungen gehörigen, Beobachtungen. — Dass sämmtliche schon vom Beobachter als über das gewöhnliche Maass hinaus unsicher oder ganz verfehlt bezeichnete Notirungen sofort gestrichen wurden, braucht kaum erst erwähnt werden. Aber auch die übrigbleibenden waren nicht ohne Weiteres zu berücksichtigen, sondern mussten zuvor noch einer gleichmässigen Kritik unterzogen werden. Ueber die einer solchen zu Grunde zu legenden Principien können nun die Ansichten sehr verschieden sein; ich darf deshalb kaum hoffen, hier dem Vorwurf der Willkür zu entgehen, und kann mich nur auf meine, theils in einer — freilich unbedeutenden — Praxis, theils bei dieser Arbeit selbst gesammelten Erfahrungen berufen. Die von mir befolgten Grundsätze sind im Folgenden möglichst kurz auseinandergesetzt.

Bei **Eintritten** in den

dunklen Rand:

Gleiches Gewicht allen Fernröhren, falls nicht der Mond sehr nahe voll war, oder ungünstige atmosphärische Verhältnisse erwähnt sind; auch ist zu beachten, dass bei kleiner Phase selbst das Erdlicht Sterne, welche für das betreffende Fernrohr sehr schwach sein mussten, zu zeitig auslöschen konnte.

hellen Rand:

Alle Instrumente von nicht mindestens 3 bis 4 Zoll Apertur (dieselbe ist oft nicht angegeben und nur genähert zu taxiren) ausgeschlossen. Im Uebrigen erhält die grössere Oeffnung den Vorzug, wobei jedoch auch die (leider nur stellenweise notirte) Vergrösserung berücksichtigt werden muss, da nur, wenn diese entsprechend verstärkt wird, die grössere Oeffnung vortheilhafter ist. Denn wendet man statt eines kleineren Objectives ein grösseres an, aber mit derselben linearen Vergrösserung, so werden Rand und Stern gleich viel heller erscheinen, und es wird nur deshalb das Instrument mit der grösseren Oeffnung vielleicht ein wenig im Vortheil sein, weil dasselbe im Allgemeinen auch die grössere Brennweite besitzen, und somit schärfere Bilder geben wird. — Was die zu berücksichtigenden Sterne betrifft, so ist bei einer Apertur unter 6 Zoll höchstens noch die 5. Grössenklasse zu beachten; also von den Plejaden die Sterne η, f, b, c, d und e. Bei grösseren Fernröhren kann entsprechend weiter gegangen werden: für 6 bis 9 Zoll wäre etwa die 6., für noch stärkere Instrumente auch die 7. Grössenklasse mitzunehmen.

Bei **Austritten** aus dem

dunklen Rand:

Abgesehen von der Zeit bald nach dem Vollmond, kommt die Grösse der Oeffnung und die des Sternes hier nur insofern in Betracht, als bei nicht gehöriger Fixirung der Austrittsstelle das Auge um so rascher auf den Stern gelenkt werden wird, je heller derselbe erscheint. Ich habe deshalb, wenn die von zwei (resp. mehreren) Beobachtern notirten Zeiten innerhalb der Grenzen von Einer Zeitsecunde lagen, einfach das Mittel genommen, weil dann angenommen werden konnte, dass wirklich der Austritt von Beiden bemerkt worden war; bei grösseren Abweichungen dagegen die kleinere Zahl vorgezogen, namentlich wenn sie an dem stärkeren Instrumente erhalten war. Vorsicht ist hier besonders auch bei den nur einmal beobachteten Austritten von schwachen Sternen anzuwenden, selbst wenn die bezügliche Beobachtung als gelungen bezeichnet ist; denn es ist eine bekannte Erfahrung, dass man einen ausgetretenen Stern, falls seine Helligkeit gering und die Stelle des Austritts nicht genau ins Auge gefasst

war, oft erst mehrere Secunden nach seinem wirklichen Austritt wahrnimmt und doch meint, er sei eben plötzlich erschienen.

hellen Rand:

Hier sind nur parallactische Fernröhre von mindestens 6 Zoll Oeffnung zu berücksichtigen, und die 5. Grösse als Minimum der Helligkeit für diese; eine Ausnahme kann vielleicht bei 221 Plej. eintreten, wo der Beobachter durch den voraufgegangenen Austritt von 21k auf die zu fixirende Stelle des Randes und die zu erwartende Helligkeit des Sternes genau aufmerksam gemacht ist. Im Allgemeinen muss die 7. Grösse selbst für die stärksten Instrumente die Grenze bilden.

Selbstverständlich musste bei Anwendung dieser hier nur in rohen Umrissen angedeuteten Principien den mannigfaltigen äusseren Umständen — Grösse der Phase, Luftbeschaffenheit etc. etc. — Rechnung getragen werden; auch konnten bei geübten Beobachtern Momente, die im Allgemeinen hätten weggelassen werden müssen, wohl mitgenommen werden, wenn sie ausdrücklich als sicher bezeichnet waren.

Nachdem so alle als unzuverlässig zu betrachtenden Beobachtungen ausgeschieden waren, und die übrigbleibenden ohne Ausnahme der Rechnung unterworfen wurden, stellte sich, wie ja dies auch nicht anders zu erwarten war, eine nicht unbeträchtliche Anzahl von ihnen als durch gröbere Fehler — der Beobachtung oder des Druckes — verfälscht heraus, welche jedoch meistens mit Sicherheit berichtigt werden konnten. Fehlerhafte Angaben des beobachteten Sternes liessen sich hier verhältnissmässig leicht und sicher verbessern; bei denen der Zeit dagegen war die Lage misslicher. Ich habe nur solche Correctionen als zulässig betrachtet, welche Vielfache von 10^s umfassen und nicht geringer als 20^s sind (vorausgesetzt dabei ausserdem, dass der Appuls nicht zu schräge erfolgte). Verbesserungen von 10^s konnten, obgleich sich gerade Zählfehler von diesem Betrage leicht ereignen mögen, nicht wohl zugelassen werden, weil man sich damit schon dem Bereiche der durch Randberge möglichen Fehler zu sehr nähert. Bei fünf Beobachtungen, wo mir eine solche Correction nicht unwahrscheinlich erschien, habe ich es vorgezogen, dieselben ganz wegzulassen, will sie aber deshalb gleich hier anführen. Es sind folgende:

					mittl. Z. Greenw.			Δ
1839 März 19.	Dorpat	An 11	Ed	$8^h\ 44^m\ 55^s.0$,	übrigbleibender	Fehler	+ 4.13.
1841 Aug. 10.	Pulkowa	An 29	Eh	12 14 17.2,	„	„	+ 4.31.
—	Hamburg	An 8	Ad	11 58 54.0,	„	„	— 4.66.
1857 Oct. 6.	Wilna	23 d	Eh	6 48 48.4,	„	„	— 4.20.
—	Pulkowa	23 d	Ad	7 26 12.4,	„	„	— 4.38.

Die Annahme, dass diese Fehler dadurch entstanden seien, dass die alle Beobachtungen beeinflussenden Fehlerquellen zufällig in demselben Sinne gewirkt hätten, ist unwahrscheinlich, da der wahrscheinliche Fehler Einer Beobachtung sich zu $\pm 0''.7$ herausgestellt hat; man vergleiche auch unten den Gang der übrigbleibenden Fehler. Dass übrigens am Endresultate für den Radius durch die Berücksichtigung dieser fünf Ein- und Austritte nichts geändert werden würde, sieht man.

Es folgen nun die Beobachtungen der neun oben genannten Durchgänge chronologisch geordnet. Die Sammlung derselben, soweit sie publicirt waren, wird, wie ich hoffe, eine ziemlich vollständige sein; um die Bekanntmachung noch unveröffentlichter aber, deren es gewiss noch eine ganze Menge giebt, möchte ich im Interesse der Sache an dieser Stelle gebeten haben. — Zur Orientirung über die Art, wie unten die Beobachtungen mitgetheilt sind, sei noch Folgendes bemerkt. Unter der das Datum enthaltenden Ueberschrift ist jedesmal die Mondphase notirt, da die Kenntniss derselben für die Beurtheilung der Beobachtungen von Wichtigkeit ist. Neben dem Namen des Ortes steht rechts die Quellenangabe; die Reihenfolge der Orte ist übrigens eine willkürliche. Die erste Verticalreihe dann giebt die Bezeichnung des Sternes und des Appulses (E = Eintritt, A = Austritt), und zwar sind hier unrichtige von den Beobachtern gemachte Notirungen schon berichtigt und durchweg die Namen des Verzeichnisses von Bessel für die Sterne eingeführt worden. Die nächsten Columnen enthalten die Beobachtungszeiten, genau wie sie sich in den betreffenden Quellen mitgetheilt finden (etwaige Fehler sind erst in den folgenden Spalten berichtigt); daneben stehen die Bemerkungen der Beobachter, soweit sie hier interessiren, oder dieselben sind, wenn nicht genügend Raum vorhanden war, unten angeführt, und ist dann durch die Buchstaben (a), (b) etc. auf sie verwiesen. Nach diesen Columnen folgt bei den Orten, wo mehrere Beobachter waren, eine mit M überschriebene, in welcher die der Rechnung

zu Grunde gelegten Zeiten angesetzt sind, und zwar nur die Secunden, da die Stunden und Minuten schon vorn standen; die kleinen Ziffern rechts daneben bedeuten die Zahl der Beobachter, aus deren Angaben das Mittel gebildet ist. Wo es der Platz gestattete, sind diese Zeiten auch noch in der anderen Ortszeit (Sternz. resp. mittl. Z.) in einer weiteren Spalte angegeben; bei dieser Verwandlung ist die Sternzeit im mittleren Mittag dem Naut. Almanac entnommen worden. Die letzte Columne endlich rechts enthält überall die Greenwicher mittleren Zeiten, welche zur Interpolation der Mondörter benutzt worden sind; etwaige Anmerkungen des Rechners stehen daneben oder folgen durch Ziffern (1), (2) etc. bezeichnet unten.

I. 1839 März 19.

Eintritte in den dunklen, Austritte aus dem hellen Rand; Mond im ersten Viertel März 21,7.

Königsberg. Astr. Nachr. Bd. 17, p. 286.

Name des Sterns		Sternz. K. Bessel			Busch	Busolt	M		m. Z. K.			m. Z. Gr.		
		h	m	s	s	s	s		h	m	s	h	m	s
17b	E	9	48	6.86	6.26	5.76	7.05	3	9	31	23.26	8	9	24.26
16g	—		31	25.76	—	—	26.52	1	9	44	40.54	8	22	41.54
23d	—		53	46.30	sehr dunstig,	* kaum sichtbar	—		—	—	—	—	—	—

Nach einer Notiz in den Königsb. Beob. Bd. 25, p. 136 waren sämmtliche Zeiten um 0ˢ.76 zu vergrössern. Der Eintritt von 23d ist 20ˢ später erfolgt, als angegeben; wahrscheinlich ist nicht die eigentliche Bedeckung beobachtet worden.

Ashurst. Mem. of R. Astr. Soc. Vol. XI. p. 288.

Name des Sterns		Sid Time A. h	m	s		m. Z. A. h	m	s	m. Z. Gr. h	m	s	
17b	E	7	51	56.45	doubtful, cloudy	—	—	—	—	—	—	
16g	—		54	51.85	good	8	8	8.07	8	9	18.17	
An	—	8	0	46.45	54 tauri in Bode, good	—	—	—	—	—	—	(1)
An 4	—		17	25.45	good	8	30	37.98	8	31	48.08	
20c	—		24	3.95	do.	8	37	35.33	8	38	45.43	(2)
19e	—		28	22.65	do.	8	41	33.38	8	42	43.48	
19e	A		44	42.44	pretty good, emerged grazing	—	—	—	—	—	—	
17b	—		50	49.04	very good	9	3	56.10	9	5	6.20	
24p	E		59	8.33		9	12	14.02	9	13	24.12	
An 24	—		59	33.43	good	9	12	39.05	9	13	49.15	
η	—	9	3	36.33	do.	9	16	41.29	9	17	51.39	
An 12	—		8	15.93		9	21	20.13	9	22	30.23	
20c	A		15	8.43	violent undulation, which only lasted about two minutes	—	—	—	—	—	—	
An 29	E		24	37.93	good	9	37	39.45	9	38	49.55	
An 31	—		43	47.83	sluggish	9	56	46.21	9	57	56.31	
An 32	—		45	13.22	instantaneous	9	58	11.36	9	59	21.46	
η	A		46	13.92	first seen $11^{s}.42$, wholly emerg. $16^{s}.42$	9	59	9.40	10	0	19.50	(3)
28h	E		47	13.42	good	10	0	11.24	10	1	21.34	
28h	A	10	22	25.41	do. Observer: Snow.	—	—	—	—	—	—	

Das benutzte Instrument war nach Mem. of R Astr. Soc. Vol. XII. p. 419 ein 45 inch refractor by Simms. — Da der Mond hier erst 4 Tage alt gewesen ist, beschloss ich, obgleich die Oeffnung des Fernrohrs nur ca. 3—4 Zoll betragen haben wird, die als sehr gut beobachtet bezeichneten Austritte von 17b und 19e mit zu berechnen; bei dem letzteren machte aber die Rechnung eine Correction von $+ 1^{m}$ sehr wahrscheinlich, doch nicht gewiss, weil derselbe nahe am Horn erfolgte. Es sind deshalb schliesslich nur die beiden Austritte von 17b und η zur Ausgleichung hinzugezogen worden. Anm. (1) ist wohl B D 23°508, nicht bei Bessel vorkommend; (2) die Zeit ist um 20^{s} gegen die Angabe vergrössert worden, also Sternz. $= 8^{h}\ 24^{m}\ 23^{s}.95$; (3) es ist die Zeit $9^{h}\ 46^{m}\ 11^{s}.42$ angewandt, weil kein Grund einzusehen ist, warum nicht diese benutzt werden soll.

Leiden (alte Sternwarte). Astr. Nachr. Bd. 17, pag. 99.

Name des Sterns		Sternzeit L. h	m	s	mittl. Zeit L. h	m	s	m. Z. Gr. h	m	s	
23d	E	9	5	59.64	9	19	7.33	9	1	10.48	
16g	A		9	1.50		22	8.69	—	—	—	zu schwach.
17b	—		10	46.08		23	52.99	9	5	56.14	
An 15	E		13	44.23		26	50.65	9	8	53.80	Stern war nicht bezeichnet.
— 18	—		14	33.74		27	40.03	9	9	43.18	do.
24p	—		16	7.69		29	13.72	9	11	16.87	
An 24	—		18	47.34		31	52.94	9	13	56.09	
— 13	—		19	24.83		32	30.32	9	14	33.47	do.
η	—		20	3.69		33	9.08	9	15	12.23	
23d	A		21	41.79		34	46.91	—	—	—	vgl. unten.
20c	—		31	30.88		44	34.39	9	26	37.54	
An	E		34	40.61		47	43.60	—	—	—	Kein Bessel'scher Stern.
An 27	—		36	29.37		49	32.07	9	31	35.22	An 12 war angegeben.
28h	—	10	2	1.02	10	14	59.53	9	57	2.68	
An 31	—		2	35.27		15	33.69	9	57	36.84	An 32 war angegeben.
— 39	—		33	48.01		46	41.32	10	27	44.63	Zeit ist um 1^m vermindert.

Beobachtet von Fr. Kaiser am 6zölligen Merz. Derselbe bemerkt: „der Mond war abwechselnd von Wolken verdeckt oder durch sie sichtbar, zuletzt ganz bedeckt; deshalb auch ungenügende Zeitbestimmung, dieselbe ist auf 0.3^s unsicher." (Falls diese Schätzung richtig — und dafür bürgt die bekannte Sorgfalt des Beobachters —, so ist die Sicherheit vollständig genügend.) „Die sehr grosse optische Kraft des 8füssigen Münchener Fernrohrs gewährte in der Bestimmung der einzelnen Momente eine grössere Schärfe, als sich bei den schlechten Umständen erwarten liess. Die Eintritte selbst der kleinen Sterne können schwerlich mehr als 0.2^s fehlerhaft sein; auch die Austritte sind für gelungen zu halten, der von 23d ist vielleicht etwas zu spät beobachtet."

Dorpat. Astr. Nachr. Bd. 17, pag. 37.

Name des Sterns	Sternzeit D. W. Struve h	m	s	Sabler s	Sawitsch s	Döllen s	Kalmberg s	M s	m. Z. Gr. h	m	s	
An E	9	2	42.30 (a)	—	—	—	—	—	—	—	—	(1)
An —		32	30.29 (b)	—	—	—	—	—	—	—	—	(1)
17b —		41	0.99 (a)	+0.34	+0.47	−0.21	+0.52	1.14 4	8	7	24.07	
An 1 —		49	51.48 (a)	+0.20	—	—	—	51.58 2	8	16	13.06	
An 3 —		54	45.28 (c)	—	—	—	—	45.28 1	8	21	5.96	
An 7 —		59	—	28.07	—	—	—	28.07 1	8	25	47.98	
23d —	10	10	27.17 (a)	+0.50	+0.68	+0.70	−0.43	27.64 4	8	36	45.75	
An 8 —		14	19.37 (a)	+0.30	—	—	—	19.52 2	8	40	37.00	
An 9 —		14	40.27 (a)	+0.60	—	—	—	40.57 2	8	40	57.99	
An 11 —		18	38.27 (c)	—	—	—	—	(38.27 1)	(8	44	55.04)	(2)
An 10 —		24	12.56 (d)	—	—	—	—	12.56 1	8	50	28.42	
An 13 —		26	—	55.76	—	—	—	55.76 1	8	53	11.17	(3)
17b A		30	0.36 (e)	+7.70	+13.88	+28.90	+46.63	58 36 1	8	56	13.27	(4)
An 15 E		32	30.26	—	—	—	—	30.26 1	8	58	44.76	
24p —		33	47.46	+0.70	+0.88	+0.80	+1.46	48.06 4	9	0	2.35	
An 18 —		33	51.26	—	—	—	—	51.26 1	9	0	5.54	
η —		36	27.26	+0.49	—	+0.59	+1.40	27.62 3	9	2	41.47	
An 22 —		38	—	10.25	—	—	—	10.25 1	9	4	23.82	(3)
An —		39	34.26 (f)	—	—	—	—	—	—	—	—	(5)
An 24 —		46	42.36 (a)	+0.29	—	—	—	42.50 2	9	12	54.67	
An —		50	50.25 (g)	—	—	—	—	—	—	—	—	(6)
23d A		59	6.25 (h)	+3.99	—	+21.59	+34.53	4.25 1	9	25	14.40	(4)
An 29 E	11	11	3.35	—	—	—	—	3.35 1	9	37	11.53	
28h —		13	31.45	+0.29	+0.57	+0.29	−4.18	31.74 4	9	39	39.52	
27f —		13	40.75	+0.49	—	—	—	41.00 2	9	39	48.75	
An 33 —		21	16.24	—	—	—	—	16.24 1	9	47	22.75	
η A		27	51.24 (d)	−1.01	+8.37	—	−2.83	50.74 2	9	53	56.17	
An 37 E		37	5.44 (a)	—	—	—	—	5.44 1	10	3	9.36	
27f A	11	59	50.23 (i)	+10.47 (k)	—	—	—	—	—	—	—	(7)

Es beobachtete: Struve am gr. Refractor, Sabler: 5 füss. Troughton, Sawitsch: 3f. Fraunhofer, Döllen: 2f. Dialyt und Capitain Kalmberg an einem Münchener Cometsucher mit stärkerer Vergrösserung.

Bemerkungen von Struve bei der Beobachtung gemacht: (a) sehr genau, (b) um 1ˢ unsicher, (c) auf 0.5ˢ genau, (d) genau, (e) ein Paar Sec. zu spät, (f) auf 0.5ˢ unsicher,

(g) genau auf 0ˢ.3, (h) vielleicht 2ˢ zu spät, (i) schwierig, doch wohl genau, (k) Sabler: diese Beobachtung kann einige Secunden vielleicht unsicher sein, da der Mond schon sehr niedrig, unruhig und etwas matt war. —

Bei der Reduction sind die Zahlen von Kalmberg unberücksichtigt geblieben, weil dieser, „zum ersten Mal eine Sternbedeckung beobachtend, zu ungeübt leicht Fehler machen konnte". Die Beobachtungen der Eintritte von Sabler, Sawitsch und Döllen weichen von denen Struve's auffallend und fast constant ab, auf welchen Umstand schon Struve aufmerksam macht und dabei erwähnt, dass derselbe nicht in einer Einwirkung der herrschenden heftigen Kälte (—15°) auf die Chronometer zu suchen sei. Wollte man diese Abweichungen als eine Folge von persönlichen Gleichungen auffassen, so könnte man sämmtliche Momente einem fingirten mittleren Beobachter anpassen. Dieser Ausweg schien mir jedoch zu gewagt, und habe ich es bei dem auch sonst beobachteten Verfahren bewenden lassen. — Bei den Austritten habe ich mir hier ausnahmsweise gestattet, die von 17b und 23d unter Anwendung der von Struve beigesetzten vermuthlichen Correctionen von —2ˢ mitzunehmen. Der Austritt von 27f ist laut Rechnung zu spät beobachtet, was nicht zu verwundern ist, indem er bei einer Höhe von nur 3° 41′ geschah (Austritt von η bei 6° 51′); da die Beobachtung auch als schwierig bezeichnet ist, habe ich nicht angestanden, sie auszuschliessen (vgl. auch die Bem. (k) oben von Sabler). — Eine Reihe Mikrometermessungen der Abstände der ausgetretenen Sterne vom Mondrande, welche Struve noch mittheilt, konnte hier nicht benutzt werden, obgleich ihre Reduction gewiss nicht ohne Interesse wäre. — Sonst ist zu bemerken: (1) kommt nicht bei Bessel vor, (2) die Zeit muss wahrscheinlich um 10ˢ vermindert werden (vgl. pag. 264), (3) Stern war nicht bezeichnet, (4) die Zeit ist um 2ˢ verkleinert worden, (5) wohl BD 23°529, (6) wohl BD 23°548, (7) zu spät notirt, s. o.

Greenwich (Hospital). Memoirs of R. Astr. Soc. Vol. XI, p. 289.

		Sid. Time				m. Z. Gr. Hosp.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s	h	m	s
17b	E	7	52	46.62	rather cloudy; good.	8	6	3.37	8	6	3.90
16g	—		55	39.11	do.	8	9	25.31	8	9	25.84
20c	—	8	25	43.04	do.	8	38	54.40	8	38	54.93
19e	—		30	56.90	do.	8	44	7.40	8	44	7.93
An 15	—		56	41.12	a very small star, but distinct.	9	10	17.32	9	10	17.85
η	—	9	4	14.35	good.	9	17	19.40	9	17	19.93
28h	—		47	41.47	do.	10	0	39.40	10	0	39.93

Telescope: 45 inch refractor, 3¾ inch aperture, power 80.

Die Eintrittszeiten von 16g und An 15 mussten um 30ˢ vergrössert werden; letzterer Stern war auch nicht näher bezeichnet.

II. 1841 August 10.

Eintritte in den hellen, Austritte aus dem dunklen Rand; Mond im letzten Viertel Aug. 9,8.

Edinburg (Royal Obs.). Ed. Astr. Obs. Vol. VII, p. 222.

						m. Z. Ed.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s	h	m	s
23d	E	20	21	17.8	Sid. Time Ed.	11	4	16.45	11	16	59.50
20c	—	20	26	56.8		11	9	54.52	11	22	37.57
16g	A	20	28	35.8	doubtful	—	—	—	—	—	—
17b	—	20	36	58.8	do.	—	—	—	—	—	—
η	E	20	43	59.8		11	26	54.73	11	39	37.78
20c	A	20	50	8.8		11	33	2.72	11	45	45.77
23d	—	20	55	44.8		11	38	37.80	11	51	20.85
28h	—	22	4	36.9		12	47	18.62	13	0	1.67

Observer Henderson with 5 feet equatorial, 3,6 inch ap. „Dark limb invisible; the immersions are two or three seconds doubtful, as usual with immersions at the bright limb." — Es ist also wohl nur die den Beobachtungen am hellen Rand allgemeine etwas grössere Unsicherheit gemeint, und sind deshalb die drei Momente nicht ausgeschlossen; sie stimmen auch gut mit den übrigen.

Altona. Astr. Nachr. Bd. 18, p. 391.

		Petersen				Jürgensen		M.		m. Z. Gr.		
		h	m	s		s		s		h	m	s
20c	E	21	5	17.11	Stz. A. gut	14.10	unsicher	17.11	1	11	8	31.00
16g	A		19	45.47	gut	45.96	gut	45.71	2	11	22	57.23
17b	—		22	54.98	do.	55.48	do.	55.23	2	11	26	6.23
η	E		33	9.14	do.	10.04	do.	9.59	2	11	36	18.91
An 4	A		40	16.30	do.	17.80	do.	16.30	1	11	43	24.46
An 10	—	22	2	27.4	zu spät, ca. 2s	—		—		—	—	—
An 15	—		13	23.17	gut	23.57	gut	23.37	2	12	16	26.10
24p	—		13	32.19	do.	—		32.19	1	12	16	34.90
η	—		14	37.37	unsicher	37.77	gut	37.77	1	12	17	40.30
An 24	—		27	36.68	gut	37.48	do.	37.08	2	12	30	37.48
28h	—		39	28.21	sehr gut	27.91	do.	28.06	2	12	42	26.52

Man bemerke hier die auffallende fast constante Differenz zwischen beiden Beobachtern; sie ist wohl eine Wirkung der verschiedenen persönlichen Auffassung der Momente, sonst könnte man auch an einen Fehler in der Uhrvergleichung denken.

Hamburg. Astr. Nachr. Bd. 18, p. 393.

		mittl. Z. H. Rümker.			Weyer.	Funk.	M.		Sternz. H.			m. Z. Gr.			
		h	m	s	s	s	s		h	m	s	h	m	s	
20c	E	11	48	—	14.3	22.11	22.11	1	21	5	22.07	11	8	28.21	(1)
23d	—		57	23.1	24.8	24.08	24.44	2	21	14	25.88	11	17	30.54	
16g	A	12	2	50.71	51.8	51.07	50.89	2	21	19	53.22	11	22	56.99	
17b	—		6	0.68	0.9	1 06	0.88	3	21	23	3.73	11	26	6.98	
An 1	—		14	11.82	—	—	51.82	1	21	30	55.97	11	33	57.92	(2)
23d	—		15	42.57	—	42.75	42.66	2	21	32	47.11	11	35	48.76	
η	E		16	12.99	13.1	13.55	13.21	3	21	33	17.74	11	36	19.31	
An	A		16	—	—	52.0	—		—	—	—	—	—	—	(3)
An 7	—		22	4.53	—	—	4.53	1	21	39	10.02	11	42	10.63	
An	—		22	—	—	17.04	—		—	—	—	—	—	—	(4)
An 4	—		23	18.83	—	—	18.83	1	21	40	24.53	11	43	24.93	
20c	—		27	4.69	5.4	5.03	5.04	3	21	44	11.36	11	47	11.14	
An 8	—		38	47.75	—	48.0	(47.87	2)	(21	55	56.11)	(11	58	53.97)	(5)
An 9	—		39	19.90	19.9	19.0	19.60	3	21	56	27.93	11	59	25.70	(6)
An	—		39	26.64	—	—	—		—	—	—	—	—	—	(7)
An 10	—		45	23.66	23.0	21.0	21.00	1	22	2	30.32	12	5	27.10	
An 12	—		46	45.43	--	43.5	43.50	1	22	3	53.04	12	6	49.60	
24p	—		56	27.84	28.5	27.98	28.11	3	22	13	39.25	12	16	34.21	
An 15	—		56	50.77	—	—	20.77	1	22	13	31.89	12	16	26.87	(8)
η	—		57	34.65	—	34.48	34.56	2	22	14	45.89	12	17	40.66	
An 18	—		58	12.55	—	—	12.55	1	22	15	23.98	12	18	18.65	
An 24	—	13	10	31.51	32.1	—	31.80	2	22	27	45.25	12	30	37.90	
28h	E		10	—	—	39.55	—		—	—	—	—	—	—	(9)
28h	A		22	17.26	18.6	17.43	17.34	2	22	39	32.72	12	42	23.44	
An 27	—		28	48 98	—	47.72	47.72	1	22	46	4.17	12	48	53.82	
An 29	—		36	16.25	17.2	15.9	16.08	2	22	53	33.76	12	56	22.18	
An 33	—		48	24.26	—	23 9	24.08	2	23	5	43.76	13	8	30.18	
An 31	—		56	47 89	48.2	47.4	47.83	3	23	14	8.88	13	16	53.93	
An 32	—		57	59.69	59.5	—	59.60	2	23	15	20.85	13	18	5.70	
An 37	—	14	8	43.67	44.6	43.22	43.44	2	23	26	6.45	13	28	49.54	
An 39	—		29	46 21	48.3	46 62	46.42	2	23	47	12.89	13	49	52.52	

Für die Beurtheilung der Austrittsbeobachtungen ist streng die oben p. 262 angegebene Regel befolgt worden; Weyer scheint mehrmals zu spät beobachtet zu haben. — Die schöne Reihe von Rümker zeugt von der grossen Gewandtheit dieses Beobachters und verdient besonders hervorgehoben zu werden. —

Anm. (1) bei Weyer vielleicht ein Zähl- oder Druckfehler von 10^s, wenigstens lässt dies die Beobachtung von 23d vermuthen; (2) die Zeit musste um 20^s vermindert werden; (3) der Stern ist vielleicht B D 23° 514; (4) wahrscheinlich ist dies eine Beobachtung von An 7, und soll die Zeit 7ˢ04 heissen, in welcher Annahme man dadurch bestärkt wird, dass der Ausgleichung nach auch die Zahl von Rümker entstellt zu sein scheint und vermuthlich 7ˢ53 gelesen werden muss; (5) die Zeit muss wahrscheinlich um 10^s vermindert werden (vgl. p. 264); (6) Stern war nicht angegeben; (7) war als An 9 bezeichnet, ist vielleicht An 11, und muss die Zeit dann um ca. 4^m vermehrt werden; (8) der Stern war nicht notirt, die Zeit ist um 30^s vermindert worden; (9) Stern zu schwach für den hellen Rand.

Berlin. Berl. Beob. Bd. II, p. 188.

		Encke				Galle	Wolfers	M		Sternz. B.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		s	s	s		h	m	s	h	m	s
17b	E	11	24	53.4	m. Z. B.	—	49.5	53.4	1	20	41	47.25	10	31	18.6
16g	—		33	14.0		—	—	—		—	—	—	—	—	—
*9ᵐ	—		51	24.0	30° Pos.	—	—	—		—	—	—	—	—	—
*9ᵐ	—		56	8.2	90° „	—	—	—		—	—	—	—	—	—
20c	—		58	11.9		9.0	—	11.9	1	21	15	11.22	11	4	37.1
*8ᵐ	—	12	2	32.2	85° „	—	—	—		—	—	—	—	—	—
16g	A		15	—		46.1	46.1	46.1	2	21	32	48.31	11	22	11.3
17b	—		17	29.2		29.8	29.8	29.6	3	21	34	32.09	11	23	54.8
24p	E		24	52.5		—	—	—		—	—	—	—	—	—
η	—		29	42.2		37.8	42.8	42.5	2	21	46	47.00	11	36	7.7
20c	A		40	33.2		34.0	34.0	33.73	3	21	57	40.01	11	46	58.93
24p	—	13	6	46.6		—	—	46.6	1	22	23	57.19	12	13	11.8
η	—		7	—		28.6	—	28.6	1	22	24	39.30	12	13	53.8
An 24	—		22	47.5	(bei den letzten Austritten leichte Wolken)			47.5	1	22	40	0.72	12	29	12.7

Nach einer Notiz auf pag. XXIII der Einleitung zum 2. Bd. der Berl. Beob. hat Galle an einem 3½ füss. Dollond, Encke am grossen Refractor mit 90f. Vergrösserung beobachtet. Bei dieser für eine Oeffnung von 9 Zoll viel zu schwachen Vergr. musste die Beobachtung der Eintritte der schwächeren Sterne in den hellen Rand ungemein schwierig sein, und ist es nicht zu verwundern, dass laut Rechnung selbst 16g und 24p zu zeitig verloren sind. Es konnten deshalb nur die Eintrittsbeobachtungen von 17b, 20c und η mitgenommen werden. — Die von Encke notirte Zeit $13^h\ 6^m\ 46^s.6$ ist irrthümlich als Austrittszeit von η statt von 24p bezeichnet, welche Verwechslung wohl durch die Wolken verursacht worden ist.

Copenhagen. Astr. Nachr. Bd. 22, p. 296.

		h	m	s
16g	E	11	36	0.2
20c	—	12	1	24.2
16g	A		16	18.6
17b	—		19	28.5
An 24	E		29	14.7
η	—		29	49.3
20c	A		40	55.8
η	—	13	11	49.2

mittl. Z. Cop. Beobachter Olufsen.

Der Beobachtungsort ist nicht näher bezeichnet, so dass Zweifel bestehen, ob derselbe Holkens Bastion oder der runde Thurm gewesen ist. Wahrscheinlicher ist das erstere, auch spricht dafür die Rechnung. Da es sich aber nicht mit Sicherheit erkennen liess, schien es gerathener zu sein, die Beobachtung nicht zum Resultat hinzuzuziehen.

Leiden (alte Sternwarte). Astr. Nachr. Bd. 20, p. 109.

		Sternz. L.			mittl. Z. L.				m. Z. Gr.		
		h	m	s	h	m	s		h	m	s
16g	A	20	55	49.93	11	38	47.96	durch dichte Nebel, aber plötzlich; auf 0ˢ.2 sicher	11	20	51.10
17b	—	21	0	6.50	11	43	3.84	sehr gut, auf 0ˢ.1 sicher	11	25	6.96

Beobachter: Kaiser am Refractor von 6 Zoll. — Es sind a. a. O. noch 4 Eintritte notirt, die aber, weil durch dichte Nebel beobachtet, nicht benutzt werden konnten, und deshalb hier nicht erst angeführt sind.

Genf. Observations astronomiques faites à l'observatoire de Genève dans l'année 1841. Par Plantamour. Genève 1842. pag. 88.

		Plantamour			Bruderer
		h	m	s	s
16g	E	20	7	24.0	24.1
20c	—		38	51.5	51.6
16g	A		56	20.0	—
17b	—		57	38.0	40.1
η	E	21	10	0.8	1.1
An	A		11	—	57.6
An 4	—		16	6.0	6.1
An	—		20	—	27.6
An	—		29	—	5.6
An	—		36	17.0	—
24p	—		44	24.5	21.6

t. s. Genève.

Plantamour à la lunette de l'équatorial, ouverture de 43 lignes, gross. 100.

Bruderer avec une lunette de Dollond de 40 lignes ouv.; gross. 130.

L'état de la pendule a été déterminé par Bruderer.

— Von dieser Beobachtung konnte ich erst nach dem vollständigen Abschluss der Rechnung Kenntniss nehmen, und ist dieselbe deshalb nicht verwerthet.

Pulkowa. Astr. Nachr. Bd. 20, p. 242.

	Sternz. P. 1.	2.	3.	4.	5.	Def. Moment.	M.		m. Z. Gr.
	h m s	s	s	s	s	s	s		h m s
17b E	21 58 31.9	32.4	30.8	25.7	31.7	32.1	32.15	2	10 40 18.23
16g —	22 5 9.7	9.7	6.8	m s 4 52.2	57.3	9.7	9.7	2	10 46 54.69
An 4 —	25 9.4 (a)	—	—	—	—	9.4:	—		— — —
20c —	31 50.9	50 6	47.5	43.9	49.5	50.8	50.75	2	11 13 31.37
17b A	55 — (b)	0.7	0.3	0.7	1.0	0.7	0.68	4	11 36 37.50
16g —	55 — (b)	53.3	55.8 (f)	—	—	53.3	53.3	1	11 37 29.98
An 24 E	23 5 39.1	—	—	—	—	39.1	39.1	1	11 47 14.18
24p —	7 10.6	m s 6 59.6	—	—	—	10.6	10.6	1	11 48 45.43
An 12 —	10 39.6	—	—	—	—	39.6	39.6	1	11 52 13.86
η —	13 14.4	14.9	13.6	15.2	15.3	14.7	14.65	2	11 54 48.49
An 4 A	18 13.7 (c)	—	—	40.2 (f)	—	13.7:	—		— — —
An —	19 —	—	—	—	16.0	16.0:	—		— — —
20c —	22 59.2 (d)	59.5	59.0	60.0	59.4	59.4	59.42	5	12 4 31.66
An 29 E	32 46.6	—	—	—	—	46.6	(46.6	1)	(12 14 17.24)
η A	44 51.2 (d)	51.6	51.3	52.2	51.7	51.6	51.6	5	12 26 20.26
24p —	45 4.2 (e)	—	—	15.2 (g)	—	4.2	4.2	1	12 26 32.82
An 12 —	50 50.7	—	—	—	—	50.7	50.7	1	12 32 18.38
An 32 E	56 14.8	—	—	—	—	14.8	14.8	1	12 37 41.59
An 24 A	0 5 34.8	35.4	36.6	35.7	34.4	34.7	34.87	3	12 47 0.13
An 37 E	14 16.9	—	—	—	—	16.9	16.9	1	12 55 40.74

Beobachter: 1. O. Struve: am grossen Refractor, 2. Peters: Münchener Fünffüsser, 3. Fuss: 3füss. Dialyt, 4. Lundahl: parall. Cometsucher mit starker Vergrösserung, 5. Schweitzer: 2füss. Dialyt. In der „Def. Moment" überschriebenen Columne sind von W. Struve die Zahlen zusammengestellt, welche seinem Urtheil nach bei der Berechnung zu Grunde gelegt werden sollten. Bem. der Beob.: (a) $^1/_2{}^s$ unsicher, (b) verfehlt wegen falscher Vorausberechnung, (c) 1^s unsicher, (d) sehr genau, (e) genau, (f) zu spät, (g) unsicher.

Bei den Eintritten ist die vortreffliche Beobachtung des Münchener Fünffüsser bemerkenswerth. — Für die Austritte habe ich die kleineren Fernröhre nur unter der bekannten Beschränkung benutzt. Die drei als unsicher bezeichneten Momente sind weggelassen. Der Eintritt von An 29 ist wahrscheinlich 10^s eher erfolgt (vgl. p. 264). Die isolirte Beobachtung von Schweitzer gehört vielleicht zu An 6.

III. 1857 October 6.

Eintritte in den hellen, Austritte aus dem dunklen Rand; Vollmond Oct. 3,1.

Greenwich. Gr. Obs. 1857, p. 68.

		S. T.			M. T.				m. Z. Gr.			
		h	m	s	h	m	s		h	m	s	
27f	E	20	46	3.18	7	44	24.49	E. Eq. pretty good	7	44	24.49	1
27f	A	21	22	42.72	8	20	58.03	N. Eq.	8	20	58.10	3
„	„			42.77			58.08	Alt.				
„	„			42.87			58.18	E. Eq. instantaneous, good				

Das East-Equatorial hat eine Oeffnung von 6,7, das Altazimuth von 3.75 und das North-Equatorial von 4,1 Zoll.

Brüssel. Annales de l'obs. de Bruxelles. Tome XV.

		Temps sid. Br.				m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s
28h	E	21	11	21.9	Des nuages empêchent de voir l'immersion de	—	—	—
28h	A		34	22.4	27f. L'immersion de 28h est probablement observée	8	15	9.8
27f	—		39	59.5	un peu tôt, le bord de la lune était fort ondulant.	8	20	45.9
					Les émersions sont instantanées et bien observées			
					au bord sombre.			

Die Beobachtung findet sich auch in den Astr. Nachr. Bd. 48, p. 91 mitgetheilt, und zwar sind dort die Zeiten sämmtlich um 0ˢ2 grösser angegeben. Beobachter war E. Quetelet am Aequatoreal mit 75facher Vergrösserung (Oeffnung 3—4 Zoll).

Wilna. Astr. Nachr. Bd. 48, p. 343.

		Sternz. W.			Observator M. Gussew am 8füss. Refr.	m. Z. W.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s	h	m	s
23d	E	21	31	29.9	sicher auf 0ˢ5.	(8	30	0.3)	(6	48	48.4)
23d	A		59	53.1	sicher	8	58	18.9	7	17	7.0
27f	E	22	22	56.6	sicher; dicht am Rande erschien mir der Stern während einiger Sec. doppelt	9	21	18.6	7	40	6.7
28h	—		30	38.6	sicher auf 0ˢ5	9	28	59.35	7	47	47.45
28h	A	23	14	37.9	do.	10	12	51.4	8	31	39.5
27f	—		15	16.0	sicher	10	13	29.4	8	32	17.5

Die Beobachtung des Eintrittes von 23d scheint doch misslungen zu sein, oder es liegt ein Zählfehler vor, und die Zeit muss um 10ˢ vergrössert werden (vgl. p. 264).

Leiden (alte Sternwarte). Astr. Nachr. Bd. 61, p. 265.

		M. Z. L. h	m	s		m. Z. Gr. h	m	s	
27f	E	8	0	59.8	Beobachter: Kam an einem Merz von 27‴.	—	—	—	Stern für das angewandte Fernrohr zu schwach.
28h	A	8	34	7.8		8	16	10.95	
27f	—	8	40	25.8		8	22	28.95	

Petersburg. Astronomical Journal. Bd. VI, p. 58.

		m. Z. P. h	m	s		m. Z. Gr. h	m	s	
23d	E	8	57	43.5	Beob. Sawitsch.	—	—	—	Das benutzte Instrument ist nicht angegeben; dasselbe hat wahrscheinlich eine Oeffnung von höchstens 4 Zoll gehabt, und ist deshalb nur der Eintritt von 27f beachtet.
23d	A	9	27	27.5		7	26	14.0	
27f	E	9	50	41.5		7	49	28.0	

Madras. Mem. of R. Astr. Soc. Bd. XXVIII.

		Time by Clock h	m	s	Sid. Time. h	m	s		Diff. m	s
16g	E	11	55	39.0	23	51	12.3	the star entered at the point of a small peak; it seemed to be projected but was too faint to be plainly seen on the moon's face.	4	26.7
17b	—	0	1	5.3		56	38.6	star plainly projected on the moon's face.	4	26.7
19e	—		14	23.3	0	9	36.7	no projection perceptible.	4	46.6!
20c	—		20	12.0		15	45.4	no proj., the star bisected at the instant of disapp.	4	26.6
17b	A		36	37.0		32	0.4		4	36.6!
16g	—	1	0	40.0		56	13.5	times somewhat uncertain, the eye being fatigued. power 174. Capt. Jacob.	4	26.5
19e	—		26	43.0	1	22	16.6		4	26.4
20c	—		29	56.0		25	29.6		4	26.4

Diese Beobachtung (gleichlautend auch Monthly Notices Bd. 18, p. 29 mitgetheilt), welche für die Bestimmung der Parallaxe des Mondes von grosser Wichtigkeit war (Greenwich—Pulkowa—Madras), erwies sich bei der Berechnung als entstellt. Man erkennt dies zum Theil schon an den oben angesetzten Differenzen zwischen Time by Clock und Sid. Time; bei dem Eintritt von 20c und dem Austritt von 19e sind auch die Minuten falsch. Da mir die Richtigstellung durch kleine plausible Conjectur gelingen wollte, musste ich leider auf die Benutzung der Beobachtung verzichten.

Pulkowa. Briefliche Mittheilung.

	mittl. Z. P.			Sternz. P.			m. Z. Gr.		
	h	m	s	h	m	s	h	m	s
23d E	8	57	35.41	21	59	6.19	6	56	16.81
An 19 —	9	1	54.90	22	3	26.39	7	0	36.30
23d A		27	31.00		29	6.70	(7	26	12.40)
26s E		37	50.97		39	28.36	7	36	32.37
An 25 A		48	49.03		50	28.23	(7	47	30.43)
27f E		50	32.03		52	11.51	7	49	13.43
An 23 A		51	40.52		53	20.19	7	50	21.92
An 19 —		56	25.51		58	5.96	7	55	6.91
28h E		58	27.50	23	0	8.28	7	57	8.90
An 38 —	10	3	36.08		5	17.71	8	2	17.48
An 34 —		8	23.56		10	5.97	8	7	4.96
An 33 —		19	5.02		20	49.19	(8	17	46.42)
An 34 A		24	36.10		26	21.18	8	23	17.50
26s —		32	35.08		34	21.47	8	31	16.48
An 30 —		39	34.85		41	22.39	8	38	16.25
An 33 —		40	40.55		42	28.27	8	39	21.95
28h —		42	55.84		44	43.93	8	41	37.24
27f —		43	46.04		45	34.27	8	42	27.44
An 38 —	10	50	42.11		52	31.47	8	49	23.51

Beobachter: Otto Struve am grossen Refractor. Einige wenige Momente sind noch von mehreren anderen Beobachtern notirt; dieselben schienen dem grossen Refractor gegenüber nicht beachtenswerth, und sind deshalb auch nicht erst angeführt worden.

Die Austrittszeit von 23d muss vielleicht um 10^s verkleinert werden (vergl. p. 264 oben); oder es müsste an der betreffenden Stelle ein sehr hoher Randberg gewesen sein, deren es aber am nördlichen Mondrand, wo der Austritt erfolgte, nicht giebt. Bei dem Austritt von An 25 muss, falls der Stern richtig angegeben, die Zeit um etwas mehr als 1^m vermindert werden; ein anderer passender Stern ist zu der notirten Zeit nicht zu finden. Den Eintritt von An 33 habe ich wegen zu geringer Helligkeit des Sterns, welcher noch bedeutend schwächer als An 19 ist, nicht beachtet.

Diese wie auch die folgenden, bislang noch nicht publicirten, Pulkowaer Beobachtungen sind einer brieflichen Mittheilung des Herrn Geheimrath Wagner in Pulkowa, welche ich der gütigen Vermittlung des Herrn Professor Winnecke in Strassburg verdanke, entnommen. Nur durch diese zahlreichen vortrefflichen Beobachtungen ist es möglich gewesen, dem gesteckten Ziel auch nur einigermassen nahe zu kommen.

IV. 1857 November 30.

Eintritte in den dunklen, Austritte aus dem hellen Rand; Vollmond Nov. 30, $22^h\ 56^m.9$ m. Gr. Z.

Pulkowa. Briefliche Mittheilung.

	Sternzeit P. Döllen			Wagner		M.				m. Z. Gr.			
	h	m	s	m	s	h	m	s		h	m	s	
An 19 E	23	0	6.6 (a)	0	4.7 (b)	23	0	6.6	1	4	20	52.2	
An 25 —		2	18.4 (a)	—	—		2	18.4	1	4	23	3.6	(1)
23d —		—	—	4	45.7—53.7		—	—		—	—	—	
An 22 —		9	18.6 (c)	8	59.1 ?		9	18.6	1	4	30	2.7	
23d A		16	52.9	16	53.4		16	53.15	2	4	37	36.0	
26s E		35	23.6 (a)	35	24.4		35	24.0	2	4	56	3.8	
An 30 —		41	59.5	—	—		—	—		—	—	—	(2)
27f —		51	6.3	51	6.7 (a)		51	6.5	2	5	11	43.7	
An 19 A		55	36.7 (d)	—	—		—	—		—	—	—	(3)
An 34 E		58	3.9	58	4.5		58	4.2	2	5	18	40.3	
An 38 —		59	46.4	—	—		59	46.4	1	5	20	22.2	
28h —	0	1	16.2 (e)	1	19.5 (f)	0	1	17.85	2	5	21	53.4	
An 40 —		22	45.2	22	45.4 (a)		22	45.3	2	5	43	17.3	
An 34 A		34	31.1 (g)	34	28.9—29.9		34	28.9	1	5	54	59.0	(4)
28h —		38	54.1	38	55.7 (h)		38	54.1	1	5	59	23.5	
27f —		42	0.0 (i)	41	58.1 (k)		41	58.1	1	6	2	27.0	
An 38 —		54	6.3 (l)	—	—		—	—		—	—	—	(5)
An 40 —	1	20	49.8 (m)	—	—		—	—		—	—	—	(5)

Beobachter: Döllen am grossen Refractor, Wagner am Heliometer; Bemerkungen derselben: (a) gut, (b) wohl nicht ganz sicher, (c) trat auffallend dicht an den hellen Rand hinan, (d) gut ($2-3^s$), (e) trat dicht an den hellen Rand hinan, (f) allmählich, (g) geht an (2^s), (h) vielleicht noch etwas früher, aber keine ganze Secunde; (i) recht gut (1^s), (k) keine halbe Secunde früher, (l) bis auf $2-3^s$, (m) nicht besonders.

Die vereinzelten Zahlen von vier weiteren Beobachtern an kleineren Instrumenten sind nicht erst angeführt. — Anm. (1) von den Sternen, deren Eintritte berücksichtigt worden sind, ist An 25 der schwächste; derselbe wurde noch mitgenommen, weil er ausdrücklich als „gut" beobachtet bezeichnet ist. (2) nicht beachtet, Stern bedeutend schwächer als An 25 und ohne Bem. des Beobachters; (3) zu schwach, Stern $^1/_2$ Grösse schwächer als An 34; (4) Wagner's erste Zahl wird durch die Bem. Döllen's bestätigt, daher noch mitgenommen, obgleich An 34 nur $7^m.0$! (5) als unsicher notirt, diese beiden Sterne sind auch schwächer als An 34.

Brüssel. Annales de l'obs. de Br. tome XV.

						m. Z. Br.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s	h	m	s
27f	E	21	55	7.7	t. s. Br. E. Quetelet, équat. gross. 75.	5	17	5.50	4	59	36.6
27f	A	22	28	41.2		5	50	33.50	5	33	4.6

Quand l'étoile a disparu, elle était déjà confondue avec le bord éclairé de la lune; on la distinguait comme un point bleuâtre sur le bord jaunâtre de la lune.

Die Beobachtung ist auch in den Astr. Nachr. Bd. 48, p. 91 mitgetheilt; daselbst sind die Zeiten um 0ˢ.5 resp. um 0ˢ.4 kleiner angegeben und beide Momente als „gut" bezeichnet.

Leiden (alte Sternwarte). Astr. Nachr. Bd. 61, p. 265.

		Hoek				Kam		M.		Sternz. L.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		s		s		h	m	s	h	m	s
26s	E	5	0	3.2	m. Z. L. gut	0.8	unsicher	3.2	1	21	38	2.52	4	42	6.35
An 30	—	5	6	9.6		—		—		—	—	—	—	—	—
27f	—	5	20	15.0		15.5		15.25	2	21	58	17.89	5	2	18.40
An 40	—	5	40	57.4	gut	—		57.4	1	22	19	3.44	5	23	0.55
27f	A	5	52	20.2	gut	—		20.2	1	22	30	28.11	5	34	23.35

Beobachter: Hoek am 6zölligen Refractor, Kam an einem Merz'schen Fernrohr von 27'''.

Der Eintritt von An 30 ist wegen zu geringer Helligkeit des Sterns nicht berechnet.

Christiania. Astronomical Journal Bd. VI, p. 59.

		m. T. Chr.				m. Z. Chr.			Sternz. Chr.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s	h	m	s	h	m	s
27f	E	5	59	42.4	Obs. Fearnley.	5	58	42.4	22	36	47.25	5	15	48.2
27f	A	6	29	50.9	the emersion being oblique, the time here given may be a second too late.									

Die Eintrittszeit musste um 1ᵐ verkleinert werden; der Austritt ist wegen der Bem. des Beob. nicht beachtet.

Petersburg. Astronomical Journal Bd. VI, p. 58.

		h	m	s	
27f	E	7	12	41.0	m. T. P. Observer Sawitsch. — Die Zeiten sind um beinahe 1ᵐ zu klein; vielleicht ist ein falscher Uhrstand angebracht, oder es ist mit einem zu schwachen Fernrohr beobachtet, und sind deshalb die Sterne zu zeitig verloren worden. Das Datum war ausserdem fälschlich 1857 Oct. 30 angegeben.
28h	—	7	22	30.0	

Wilna. Astr. Nachr. Bd. 48, p. 343.

						m. Z. W.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s	h	m	s
26s	E	23	5	21.7	Stz. W. Observator Gussew.	6	27	21.71	4	46	9.8
27f	—	23	20	24.0	genau.	6	42	21.54	5	1	9.6
An 34	—	23	28	31.9	sicher auf 0ˢ.5.	6	50	28.11	5	9	16.2
28h	—	23	29	55.9	Konnte bis dicht zur erleuchteten Partie der Mondscheibe verfolgt werden, obgleich der Mond noch nicht ganz voll war.	6	51	51.88	5	10	40.0
28h	A	0	9	24.5	sicher.	7	31	14.01	5	50	2.1
27f	—	0	11	46.5	zu spät, vielleicht bis 1ˢ.	—	—	—	—	—	—

Madras. Mem. of R. Astr. Soc. Vol. XXVIII.

		Time by Clock.			Madras Sid T.				m. Z. M.			m. Z. Gr.		
		h	m	s	h	m	s		h	m	s	h	m	s
19e	E	1	26	58.0	1	22	23.0	Observer: Capt. Jacob, power 174.	8	44	36.57	3	23	37.0
20c	—	1	45	58.5	1	41	23.2		9	3	33.66	3	42	34.1
21k	—	1	50	55.3	1	46	19.9		9	8	29.55	3	47	29.95
22l	—	1	53	57.0	1	49	21.5		9	11	30.65	3	50	31.05
19e	A	2	44	11.0	2	39	34.7	First seen distinct and bright at a small distance (say 1″) from the moon's bright limb.	—	—	—	—	—	—
20c	—	2	45	7.0	2	40	30.7		—	—	—	—	—	—
21k	—	3	10	44.0	3	6	7.3		—	—	—	—	—	—
22l	—	3	11	52.0	3	7	15.3	seen very faint, exactly at emergence.	10	29	11.69	5	8	12.1

V. 1858 Februar 20.

Eintritte in den dunklen, Austritte aus dem hellen Rand; Mond im ersten Viertel Februar 20, 12^h $58^m.3$ m. Z. Gr.

Greenwich. Gr. Obs. 1858, p. 74.

		E. Eq.			Alt.	N. Eq.	E. Eq.			Alt.	N. Eq.	m. Z. Gr		
		h	m	s	s	s	h	m	s	s	s	h	m	s
20c	E	3	3	—	—	11.03 S. T.	5	1	—	—	50.7 M. T.	5	1	50.7
16g	A	3	35	—	—	38.55 (a)	5	34	—	—	12.9	—	—	—
19e	—	3	59	59.07 (b)	47.77 (c)	44.57 (a)	5	58	29.5	18.2	15.0	—	—	—
20c	—	4	8	54.58 (d)	59.78 (e)	47.08	6	7	23.5	28.7	16.0	—	—	—

(a) separated from the limb, when first seen, (b) perhaps a little too late, (c) probably at least one second too late, (d) satisfactory (aber im Widerspruch mit der Zahl des N. Eq.), (e) probably at least two or three seconds too late.

Leiden (alte Sternwarte). Astr. Nachr. Bd. 61, p. 265.

		mittl. Z. L.			2.	3.	4.	M.		Sternz. L.			m. Z. Gr.		
		1.													
		h	m	s	s	s	s	s		h	m	s	h	m	s
16g	E	4	53	22.5	—	—	—	22.50	1	2	54	38.45	4	35	25.65
19e	—	5	8	50.2	50.4	—	—	50.30	2	3	10	8.79	4	50	53.45
20c	—		27	9.0	—	9.5	9.6	9.37	3	3	28	30.87	5	9	12.52
21k	—		33	17.2	17.5	—	—	17.35	2	3	34	39.86	5	15	20.50
22l	—		35	53.9	53.5	54.0	54.2	53.90	4	3	37	16.84	5	17	57.05
16g	A		58	24.2 (a)	27.4 (b)	—	25.3	—		—	—	—	—	—	—
An 12	E	6	4	38.1	38.8	38.5	38.3	38.43	4	4	6	6.09	5	46	41.58
An 20	—		18	28.4	28.5	28.7	28.1	28.42	4	4	19	58.36	6	0	31.58
An 21	—		22	27.4	—	—	—	27.40	1	4	23	57.99	6	4	30.55
19e	A		22	—	46.0 (b)	52.9	52.5	—		—	—	—	—	—	—
20c	—		31	34.9 (c)	41.6 (c)	46.9	47.9	34.90	1	4	33	6.98	6	13	38.05
21k	—		46	39.4 (b)	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—
22l	—		49	58.3 (d)	—	—	—	58.30	1	4	51	33.41	6	32	1.45

Beobachter: 1. Hock am 6zölligen Merz, 2. F. Kaiser, wahrscheinlich am 4zölligen Steinheil, 3. Kam an einem Merz'schen Fernrohr von 27''', 4. P. J. Kaiser, wahrscheinlich an einem Steinheil von 34'''. Bemerkungen derselben: (a) unsicher, (b) um 1ˢ unsicher, (c) gut, (d) sehr gut.

Bonn. Astr. Nachr. Bd. 48, p. 290.

		Sternz. B.					M.		m. Z. B.			m. Z. Gr.		
		Argelander			Krüger	Winnecke								
		h	m	s	s	s	s		h	m	s	h	m	s
An 4	E	3	38	41.68	—	—	41.68	1	5	37	20.21	5	8	57.0
20c	—		44	12.66	12.37	12.87	12.63	3	5	42	50.26	5	14	27.1
21k	—		47	28.15	27.82	—	27.99	2	5	46	5.09	5	17	41.9
22l	—		50	39.43	39.24	—	39.34	2	5	49	15.92	5	20	52.7
16g	A	4	10	—	—	55.57 zweifelhaft	—		—	—	—	—	—	—
An 12	E		21	9.51	9.10	9.49	9.37	3	6	19	40.95	5	51	17.75
An 20	—		34	34.45	34.31	34.12	34.29	3	6	33	3.67	6	4	40.5
An 21	—		37	35.84	35.86	—	35.85	2	6	36	4.74	6	7	41.5
19e	A		37	—	—	54.53 gut	54.53	1	6	36	23.36	6	8	0.2
An W	E		42	0.42	0.68	0.29	0.46	3	6	40	28.62	6	12	5.4

Argelander an einem 5füssigen, Krüger an einem $4\frac{1}{2}$füssigen Fernrohr, Winnecke am 6zölligen Heliometer. Der zuletzt beobachtete Stern (von mir hier und in der Folge mit W bezeichnet) kommt bei Bessel nicht vor; Winnecke hat ihn daher am Heliometer an An 29 und 18 m angeschlossen, woraus für 1858.0 der mittlere Ort folgt: A. R. 54° 38' 47''.90, Decl. + 24° 22' 33''.74 (vgl. auch Astr. Nachr. Bd. 51, p. 345).

Altona. Astr. Nachr. Bd. 48, p. 47.

		Peters			Pape	Krille		M.		m. Z. A.			m. Z. Gr.		
		h	m	s	s	s		s		h	m	s	h	m	s
16g	E	3	25	—	9.10	—	Stz. A.	9.10	1	5	23	51.72	4	44	5.57
19e	—		40	18.49	18.72	18.84		18.68	3	5	38	58.81	4	59	12.66
An 4	—		52	39.35	39.46	39.88		39.56	3	5	51	17.67	5	11	31.52
20c	—		58	34.65	35.14:	34.85		34.75	2	5	57	11.89	5	17	25.74
21k	—	4	4	—	46.27	46.36		46.32	2	6	3	22.45	5	23	36.30
22l	—		7	19.73	19.89	20.28		19.97	3	6	5	55.68	5	26	9.53
An 12	—		35	34.74	35.03	34.90		34.89	3	6	34	5.97	5	54	19.82
An 20	—		49	26.63	26.68	26.67		26.66	3	6	47	55.47	6	8	9.32
An 21	—		53	—	37.07	37.35		37.21	2	6	52	5.33	6	12	19.18
An	—	5	4	—	—	2.03		—		—	—	—	—	—	—

Peters beobachtete am 3½ füss. Aequatoreal, Pape und Krille an 4füssigen Fraunhofern; bei Pape's Beobachtung von 20c hat wahrscheinlich ein Versehen von 1 Schlag = 0ˢ5 stattgefunden. Die Zeitbestimmung ist von Pape.

Die Sterne An 4 und 21k waren fälschlich als An 3 und An 7 angegeben. Der zuletzt beobachtete Stern ist mit B Z 395 bezeichnet; vielleicht ist es B D 24°,560, jedenfalls kein Bessel'scher Plejadenstern.

Göttingen. Astr. Nachr. Bd. 48, p. 315.

		1.			2.	3.	4.	M.			Sternz. G.			m. Z. Gr.		
		h	m	s	s	s	s	m	s		h	m	s	h	m	s
An 4	E	5	54	7.27	m. Z. G.	—	—	53	7.64	1	3	54	30.00	5	13	21.4
20c	—		58	35.95	35.85	36.15	36.05		36.37	4	3	59	59.46	5	18	50.2
21k	—	6	2	0.04	0.04	0.04	59.84		0.36	4	4	3	24.01	5	22	14.2
22l	—		5	7.93	7.93	—	—		8.30	2	4	6	32.46	5	25	22.1
An 12	—		35	3.19	3.31	—	—		3.62	2	4	36	32.70	5	55	17.4
An 20	—		48	25.75	—	—	—		26.12	1	4	49	57.40	6	8	39.9
An 21	—		51	41.25	sehr schwach	—	—		41.62	1	4	53	13.43	6	11	55.4

Beobachter: 1. Auwers am 6füss. Fraunhofer, 2. Klinkerfues: 2füss. Ploessl, 3. Schering: Cometsucher, 4. Keferstein: 3½ füss. Heliometer. Zeitbestimmung von Klinkerfues.

In den Astr. Nachr. Bd. 51, p. 346 theilt Auwers seine Momente nach der von ihm selbst gemachten Zeitbestimmung mit; dieselben sind — wenn man einige Druckfehler verbessert — um den nahezu constanten Betrag von im Mittel 0ˢ74 grösser als die oben von Klinkerfues angegebenen Zeiten. Ich habe deshalb an die letzteren durchweg eine Correction von + 0ˢ37 angebracht. Die Eintrittszeit von An 4 ist ausserdem um 1ᵐ vermindert worden.

Berlin. Astr. Nachr. Bd. 48, p. 123.

		Sternzeit B. Foerster			Encke	Bruhns	M.		m. Z. B.			m. Z. Gr.		
		h	m	s	s	s	s		h	m	s	h	m	s
16g	E	3	45	2.27	—	—	2.27	1	5	43	43.89	4	50	9.1
19e	—		58	—	10.47	10.13	10.30	2	5	56	49.77	5	3	15.0
An	—		58	24.47	—	—	—		—	—	—	—	—	—
An 4	—	4	13	9.37	—	9.68	9.53	2	6	11	46.55	5	18	11.75
20c	—		18	41.57	41.17	41.48	41.41	3	6	17	17.52	5	23	42,7
An 6	—		20	1.97	—	—	1.97	1	6	18	37.87	5	25	3.1
21k	—		22	27.87	27.67	27.21	27.58	3	6	21	3.07	5	27	28.3
22l	—		25	30.47	30.67	30.90	30.68	3	6	24	5.67	5	30	30.9
16g	A		46	13.37	—	—	13.37	1	6	44	44.97	5	51	10.2
An 12	E		54	—	—	49.41	49.41	1	6	53	19.60	5	59	44.8
19e	A	5	12	4.27	—	—	4.27	1	7	10	31.64	6	16	56.8
20c	—		19	59.07	—	m s s 20 11.87 (10?)	59.07	1	7	18	25.14	6	24	50.3

Foerster am gr. Refractor, Encke am Sucher von 43''' mit 36f. Vergr., Bruhns am 3füss. Dollond. Zeitbestimmung von Bruhns. — Der oben nicht näher bezeichnete Stern ist vielleicht BD 23°508.

Kremsmünster. Astr. Nachr. Bd. 48, p. 155.

										m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s		h	m	s
An 4	E	6	26	20.65	mittl. Z. Kr.	4	27	45.53	Sternz. Kr.	5	29	48.05
20c	—		29	53.27		4	31	18.73		5	33	20.7
An	—		45	7.56		—	—	—	ist vielleicht Nr. 100 des Wash. Cat.	—	—	—
An 12	—	7	2	4.28		5	3	35.03		6	5	31.7
An W	—		13	35.87		5	15	8.52		6	17	3.3
An 20	—		14	13.27		5	15	46.02		6	17	40.7
An 21	—		15	15.60		5	16	48.52		6	18	43.0
An	—	8	4	23.51		—	—	—	ist BD 24°571.	—	—	—

Beobachter A. Reslhuber am 7füss. Refractor bemerkt: „als der Mond vor die Plejaden trat, war der Himmel stark mit flüchtigen Wolken umzogen, heiterte sich aber eine halbe Stunde nach dem Eintritte der ersten Sterne vollkommen auf. Das Verschwinden der Sterne war plötzlich." — Sämmtliche Sterne waren nicht näher bezeichnet.

Dorpat. Astr. Nachr. Bd. 48, p. 46.

		Sternz. D. Maedler			Clausen	M.		m. Z. D.			m. Z. Gr.			
		h	m	s	s	s		h	m	s	h	m	s	
An	E	4	24	32.75	—	—		—	—	—	—	—	—	(1)
An	—		44	37.39	—	—		—	—	—	—	—	—	(2)
16g	—		53	5.11	5.27	5.19	2	6	51	44.40	5	4	50.8	
19e	—	5	9	39.34	—	39.34	1	7	8	15.84	5	21	22.2	
An 4	—		18	26.64	—	26.64	1	7	17	1.70	5	30	8.1	(3)
20c	—		24	12.37	12.81	12.59	2	7	22	46.70	5	35	53.1	
21k	—		33	—	53.30	53.30	1	7	32	25.83	5	45	32.2	
22l	—		35	—	30.47	30.47	1	7	34	2.73	5	47	9.1	
An 10	—		50	—	58.20	58.20	1	7	49	27.93	6	2	34.3	(4)
An 8	—		54	—	46.42	46.42	1	7	53	15.53	6	6	21.9	(3)
An 9	—	6	1	—	10.47	10.47	1	7	59	38.53	6	12	44.9	(3)
An 20	—		14	—	26.50	26.50	1	8	12	52.38	6	25	58.8	
19e	A		16	51.39	—	51.39	1	8	15	16.88	6	28	23.3	
An 24	E		25	—	24.82	24.82	1	8	23	48.90	6	36	55.3	
20c	A		30	19.61	—	19.61	1	8	28	42.89	6	41	49.3	
An 27	E		48	—	10.35	10.35	1	8	46	30.71	6	59	37.1	
An 29	E		53	—	30.65	30.65	1	8	51	50.13	7	4	56.5	

Maedler am gr. Refractor, Clausen am 5 füss. Trougthon.

(1) ist wohl B D 23°495, (2) ist wohl B D 23°504, (3) der Stern war falsch bezeichnet, (4) der Name des Sterns war nicht notirt.

Krakau. Astr. Nachr. Bd. 51, p. 77.

										m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s		h	m	s
16g	E	6	25	29.38	m. Z. Kr.	4	26	50.35	Stz. Kr.	5	5	38.9
19e	—		32	45.38			34	7.55		5	12	54.9
An 2	—		44	49.21			46	13.35	Anm.	5	24	58.7
An 4	—		54	36.60			56	2.45		5	34	46.1
21k	—		56	19.31			57	45.35	Beobachter:	5	36	28.8
20c	—		58	42.42		5	0	8.85	Swierczewski.	5	38	51.9
22l	—	7	0	18.66			1	45.35		5	40	28.2

Anm. Diese Sternzeit gehört zu der nebenstehenden mittleren Z., und nicht, wie angegeben war, 18:35, was wohl durch einen Druckfehler entstanden. Nur die ersten beiden Sterne waren übrigens bezeichnet.

			h	m	s		
Hannover	20c	E	5	58	4.8	m. Z. H.	Diese Beobachtung scheint entstellt zu sein; daher nicht benutzt.
Astr. Nachr. Bd. 48, p. 93	21k	—	6	2	48.0	Beob. C. Haase.	

Pulkowa. Briefliche Mittheilung.

		Zeit der Normaluhr.										Sternz. P.			m. Z. Gr.		
				1.		2.		3.	M.								
		h	m	s		s		s	s			h	m	s	h	m	s
An	E	4	44	30.1	(a)	—		—	—			—	—	—	—	—	—
An	—		59	17.5	"	—		—	—			—	—	—	—	—	—
An	—	5	3	48.5	"	—		—	—			—	—	—	—	—	—
16g	—		11	24.3	"	24.3	(a)	—	24.3	1		5	10	27.50	5	7	47.63
An	—		21	—	"	*10.5	(g)	—	—			—	—	—	—	—	—
17b	—		25	27.7	"	28.2	(h)	28.1	28.0	3		5	24	31.20	5	21	49.02
19e	—		28	57.8	"	58.1	(a)	58.8	58.23	3		5	28	1.43	5	25	18.68
An 2	—		38	—	"	10.7		—	10.7	1		5	37	13.89	5	34	29.63
20c	—		42	4.4	"	4.1		4.4	4.3	3		5	41	7.49	5	38	22.59
21k	—		53	20.2	"	20.2		20.5	20.3	3		5	52	23.49	5	49	36.75
22l	—		54	32.4	"	32.4		31.4	32.07	3		5	53	35.26	5	50	48.32
17b	A		56	20.5	(b)	—		—	20.5	1		5	55	23.69	5	52	36.46
16g	—	6	17	40.6	(c)	41.1	(i)	—	40.6	1		6	16	43.78	6	13	53.05
19e	—		33	30.7	(d)	28.4		—	28.4	1		6	32	31.58	6	29	38.26
An 24	E		38	18.4	(a)	18.5		—	18.45	2		6	37	21.63	6	34	27.52
20c	A		48	8.6	(e)	9—10		—	8.6	1		6	47	11.78	6	44	16.06
21k	—		52	23.8	(a)	26.8	(k)	—	23.8	1		6	51	26.97	6	48	30.55
22l	—		57	7.0	(f)	—	(l)	—	7.0	1		6	56	10.17	6	53	12.98
An 27	E	7	0	1.5	(a)	—		—	1.5	1		6	59	4.67	6	56	7.00
An 29	—		6	2.5	(m)	—		—	2.5	1		7	5	5.67	7	2	7.02

Correction der Normaluhr gegen Sternzeit für den Ort des Passageninstrumentes: Febr. 20, $3^h.2$: $-56^s.77 - 0^s.36\,t$. Beobachter: 1. Döllen am grossen Refractor mit Vergr. II., 2. Wagner am Heliometer, 3. Struve wahrscheinlich am Fünffüsser. Bemerkungen derselben: (a) gut, (b) gut, aber in einem Thale, (c) bis auf 1^s sicher, (d) zu spät, (e) geht an, (f) geht an, aber in einem Thale, (g) vielleicht $^1/_5{}^s$ früher, (h) sehr gut, (i) mittelmässig, (k) etwas früher, (l) vor $16^s.6$, (m) gut; es bedeckt sich darauf und wird später ganz trübe.

Die vier oben nicht näher bezeichneten Sterne kommen nicht bei Bessel vor, und konnten ihre Beobachtungen deshalb nicht benutzt werden; wahrscheinlich sind es folgende: B D 23° 495, 502, 503 und 508. Ferner waren noch die Sterne: An 2, An 24, An 27 und An 29 vom Beobachter nicht namhaft gemacht.

Prag. Astr. Nachr. Bd. 48, p. 217.

		Boehm.		Karlinsky.		M.	Sternz. Pr.	m. Z. Gr.
		h m s		s		s	h m s	h m s
16g	E	5 52 17.73	m. Z. Pr.	17.78	Die Umstände waren den Beob. überaus günstig, u. diese können als ganz gut bezeichnet werden.	17.76 2	3 53 36.86	4 54 36.5
19e	—	6 1 —		53.85		53.85 1	4 3 14.53	5 4 12.55
An 4	—	21 56.69		—		56.69 1	4 23 20.66	5 24 15.4
21k	—	25 55.48		54.68		55.08 2	4 27 19.71	5 28 13.8
20c	—	26 35.58		36.18		35.88 2	4 28 0.62	5 28 54.6
22l	—	29 43.67	(Neuber)	43.47		43.57 2	4 31 8.82	5 32 2.3

VI. 1858 August 30.

Eintritte in den hellen, Austritte aus dem dunklen Rand; Mond im letzten Viertel Aug. 31.4.

Cambridge (Amerika). Astr. Nachr. Bd. 52, p. 77.

						m. Z. Gr.
		h m s		h m s		h m s
An 21	A	9 57 34.0	m. Z. C.	(20 33 31.86)	Sternz. C.	(14 42 5.0)
An 20	—	10 1 0.5		20 36 58.92		14 45 31.5
An 27	—	10 48.7	Beobachter: Bond am	20 46 48.73		14 55 19.7
An 29	—	17 27.2	23 füss. Refractor.	20 53 28.32		15 1 58.2
An 32	—	33 54.5		21 9 58.33		15 18 25.5
An 31	—	34 8.0		21 10 11.86		15 18 39.0
An 37	—	35 26.3		21 11 30.38		15 19 57.3

An 21 ist nicht beachtet worden, weil er der schwächste der beobachteten Sterne ist, und seine Höhe nur 5° betragen hat; der Rechnung nach scheint er auch ein Paar Secunden zu spät erblickt zu sein.

Greenwich. Gr. Obs. 1858. p. 75.

		Sid. T.	Mean T.		
		h m s	h m s		
19e	E	23 54 15.41	13 18 31.3	may be half a second in error; the star very faint.	
20c	—	0 15 3.92	39 16.4	appeared to hang for 3 or 4ˢ on the limb.	
16g	A	30 50.43	55 0.3	instantaneous.	
19e	—	57 58.44	14 22 3.9	satisfactory.	North-Equatorial.
20c	—	58 54.94	23 0.2	do.	

Der Eintritt von 19e ist wegen der Bem. des Beobachters nicht beachtet; der des helleren Sternes 20c dagegen ist mitgenommen worden, weil die Anm. in dem hier stattgehabten schrägen Appulse ihre Erklärung findet.

Wolverhampton (Wrottesley Observatory). Astr. Journal Bd. VI, p. 62.

		Sid. T. W.				m. Z. W.			m. Z. Gr.			
		h	m	s		h	m	s	h	m	s	
16g	E	23	34	51.0	uncertain, thin clouds	—	—	—	—	—	—	
19e	—		46	4.5	clouds	13	10	20.3	13	19	13.9	(1)
20c	—	0	4	28.0	very uncertain, through clouds	—	—	—	—	—	—	
16g	A		24	49.0	good	13	48	58.4	13	57	52.0	
19e	—		49	47.6	very sudden	14	13	52.9	14	22	46.5	
20c	—		53	6.8	do.	14	17	11.6	14	26	5.2	
21k	—	1	12	23.0	perhaps 0.5 too late	14	36	24.6	14	45	18.2	(2)
22l	—		14	19.0	very good	14	38	20.3	14	47	13.9	

Observer: Morton with $7^3/_4$ inch refractor, power 190. The observations of the emersions (with one exception) are believed to be unusually good.

Anm.: (1) dieser Eintritt ist trotz der Bemerkung „clouds" mitgenommen worden, da er nicht, wie die von 16g und 20c, als „uncertain" bezeichnet ist, und die Grösse des Instruments auch bei dünnen Wolken noch eine gute Beobachtung dieses hellen Sternes erlauben musste.

(2) stimmt vortrefflich mit den anderen beobachteten Austritten überein, daher nicht weggelassen.

Leiden (alte Sternwarte). Astr. Nachr. Bd. 61. p. 267.

		Hoek				Brouwer	M.		Sternz. L.			m. Z. Gr.			
		h	m	s		s	s		h	m	s	h	m	s	
19e	E	13	40	47.5	m. Z. L.	46.1	47.5	1	0	16	32.34	13	22	50.65	
21k	—	14	1	40.8	schwach	40.5	—		—	—	—	—	—	—	(1)
22l	—		4	26.3	unsicher durch Nebel	—	—		—	—	—	—	—	—	
20c	A		42	53.2		52.8	53.0	2	1	18	48.04	14	24	56.15	(2)
An 5	—	15	5	35.3	schwach	—	35.3	1	1	41	34.06	14	47	38.15	
21k	—		8	6.1	gut	—	6.1	1	1	44	5.28	14	50	9.25	
22l	—		9	16.4	gut	—	16.4	1	1	45	15.77	14	51	19.55	

Beobachter: Hoek am 6zölligen Refractor, Marinelieutenant Brouwer wahrscheinlich am Merz von 27‴.

Anm.: (1) der Rechnung nach etwas zu zeitig verloren, wahrscheinlich schon — wie 22l — durch Nebel beobachtet; (2) als Stern ist angegeben e, die Zeit müsste aber dann um $1^m\ 30^s$ vermehrt werden.

Dorpat. Astronomical Journal Bd. VI, p. 62.

										m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s		h	m	s
21k	E	2	37	7.51	Sid. T. D.	16	1	14.2	M. T. D.	14	14	20.6
22l	—		42	0.31			6	6.2		14	19	12.6
20c	—		50	2.32			14	6.9		14	27	13.3

Observer: Maedler; clouds prevented observation of the other stars of the group.

Brüssel. Annales de l'obs. de Br. tome XV.

		T. sid. Br. 1.			2.	3.	M.		m. Z. Br.			m. Z. Gr.		
		h	m	s	s	s	s		h	m	s	h	m	
16g	E	0	6	53.5	54.2 (a)	52.7	—		—	—	—	—	—	—
19e	—		14	1.7	3.4 (b)	59.9	3.4	1	13	38	18.9	13	20	50.0
21k	—		34	—	—	57.3	—		—	—	—	—	—	—
22l	—		38	—	47.4 (b)	—	—		—	—	—	—	—	—
20c	—		39	—	34.6	33.6	34.6	1	14	3	45.9	13	46	17.0
16g	A		46	4.0	5.2	—	4.0	1	14	10	14.25	13	52	45.35
18m	E		51	—	39.6	—	—		—	—	—	—	—	—
An 4	A	1	3	—	48.1	—	48.1	1	14	27	55.4	14	10	26.5
18m	—		11	—	6.0	—	6.0	1	14	35	12.15	14	17	43.25
20c	—		13	—	35.5	35.8	35.65	2	14	37	41.4	14	20	12.5
19e	—		17	—	6.0	—	6.0	1	14	41	11.2	14	23	42.3
21k	—		41	6.0	6.7	4.9	4.9	1	15	5	6.1	14	47	37.2
22l	—		41	—	57.6	56.0	56.0	1	15	5	57.1	14	48	28.2
An 12	—		59	—	50.8	51.5	51.15	2	15	23	49.3	15	6	20.4
An 20	—	2	18	—	12.5	12.5	12.5	2	15	42	7.65	15	24	38.75

Beobachter: 2. E. Quetelet am Aequatoreal mit 3—4 Zoll Oeffnung, 1. Prof. Quetelet wahrscheinlich an einem kleineren, 3. Hooreman an einem grösseren Instrument. Bem. (a) s'éteint avant le contact du bord lunaire, (b) au moment de disparaître l'étoile est très-faible.

Die Beobachtung ist auch Astr. Journal Bd. VI, p. 59 mitgetheilt, und zwar sind daselbst die Zeiten durchschnittlich 1ˢ2 grösser angegeben.

VII. 1859 April 6.

Eintritte in den dunklen, Austritte aus dem hellen Rand; Neumond April 2,9.

Leiden (alte Sternwarte). Astr. Nachr. Bd. 61, p. 270.

	m. Z. L. Hoek h m s		Kam s	M. s		Sternz. L. h m s	m. Z. Gr. h m s
19e E	6 34 31.8	vor Sonnenuntergang.		31.8	1	7 32 32.32	6 16 34.95
An 12 —	7 23 49.1		—	49.1	1	8 21 57.72	7 5 52.25
18m A	25 30.7	unsicher.	—	—		— — —	— — —
19e —	24 —		1.4	1.4	1	8 22 10.05	7 6 4.55
21k —	48 12.0		10.0	10.0	1	8 46 22.62	7 30 13.15
221 —	49 —		38.3	38.3	1	8 47 51.16	7 31 41.45
An 12 —	8 10 36.6	sehr schwach.	39.8	36.6	1	9 8 52,91	7 52 39.75
An 20 —	25 —		22.0	—		— — —	— — —

Hoek am 6zölligen Merz, Kam am 4zölligen Steinheil.

Bei der geringen Phase glaubte ich mich hier nicht streng an die oben für Austritte aus dem hellen Rand aufgestellte Regel halten zu müssen. — An 12 ist kaum merklich schwächer als 221, An 20 eine ganze Grössenklasse; die Höhe betrug bei ersterem noch ca. 23°.

Goettingen. Astr. Nachr. Bd. 51, p. 345.

	Sternz. G. Auwers h m s		Klinkerfues s	M. s		m. Z. G. h m s	m. Z. Gr. h m s
18m E	8 8 46	in Wolken, unsicher.		—		— — —	— — —
21k —	13 54.79		55.04	54.92	2	7 15 51.19	6 36 5.0
221 —	13 52.19		52.14	18^m 52.17^s	2	7 20 47.63	6 41 1.4
An 12 —	45 41.81		—	41.81	1	7 47 32.87	7 7 46.7
An W —	50 12.31	sehr schwach.	—	12.31	1	7 52 2.64	7 12 16.4
An 20 —	53 32.91		—	32.91	1	7 55 22.69	7 15 36.5
An 21 —	53 39.11		—	39.11	1	7 55 28.87	7 15 42.7

Auwers am 6füss. Fraunhofer, Klinkerfues an einem Cometsucher; Zeitbestimmung von Auwers. — Bei 221 muss es statt 13^m heissen 18^m.

Breslau. Astr. Nachr. Bd. 50, p. 321.

						Sternz. Br.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s	h	m	s
19e	E	7	30	57.1	m. Z. Breslau.	8	28	58.64	6	22	48.2
18m	—		46	16.2	Beobachter: Günther am 4füss.	8	44	20.26	6	38	7.3
21k	—		47	4.2	Fraunhofer.	8	45	8.39	6	38	55.3
22l	—		51	23.4	Sämmtliche Momente innerhalb	8	49	28.30	6	43	14.5
20c	—	8	2	6.2	½ s sicher.	9	0	12.86	6	53	57.3

Königsberg. Astr. Nachr. Bd. 50, p. 277.

		Sternz. K. Luther			Kayser	M.				m. Z. K.			m. Z. Gr.		
		h	m	s	s	h	m	s		h	m	s	h	m	s
19e	E	8	30	37.76	38.06 (Ballo)	8	36	27.91	2	7	38	27.40	6	16	28.4
21k	—		54	8.48	8.48	8	54	8.48	2	7	56	5.08	6	34	6.1
An 4	—		57	—	35.04	8	57	35.04	1	7	59	31.08	6	37	32.1
20c	—		59	11.30	10.50	8	59	10.90	2	8	1	6.68	6	39	7.7
An 20	—	9	31	30.09	29.89	9	31	29.99	2	8	33	20.47	7	11	21.5
An 21	—		33	—	46.96	9	33	46.96	1	8	35	37.07	7	13	38.1
An W	—		38	—	17.80	9	38	17.80	1	8	40	7.17	7	18	8.2

Bei 19e musste die Zeit um 5^m 50^s vergrössert werden; — der letzte Stern war nicht näher bezeichnet.

Petersburg. Astr. Nachr. Bd. 53, p. 349.

		Sternz. P. 1.			2.	3.	M.		m. Z. P.			m. Z. Gr.		
		h	m	s	s	s	s		h	m	s	h	m	s
16g	E	9	2	4.2	3.4	3.7	3.77	3	8	4	5.49	6	2	52.0
19e	—		9	26.4	26.3	26.2	26.30	3	8	11	26.82	6	10	13.3
20c	—		25	29.8	29.6	30.2	29.87	3	8	27	27.76	6	26	14.3
21k	—		28	—	41.6	—	—		—	—	—	—	—	—

Beobachter: 1. Sawitsch, 2. Olasnewsky, 3. Stebnitzky. — Die Eintrittszeit von 21k ist um etwa 15^s zu klein angegeben; vielleicht ist der Stern wegen Wolken zu zeitig verloren worden, es fehlen auch die anderen beiden Beobachter.

Pulkowa. Briefliche Mittheilung.

		1.			2.	3.	4.	5.	6.	7.	M.		m. Z. Gr.		
		h	m	s	s	s	s	s	s	s	s		h	m	s
16g	E	9	2	40.0	—	40.8	40.9	40.6	—	41.1	40.58	4	6	3	14.17
19e	—		9	55.1	55.9	55.5	55.8	55.4	55.9	55.6	55.50	2	6	10	27.89
An	—		13	8.5	9.4	10.0	—	—	—	—	—		—	—	—
An 2	—		18	50.9	51.3	51.5	—	—	—	—	51.10	2	6	19	22.02
An 4	—		22	15.2	15.9	16.0	16.2	15.4	16.5	16.2	15.55	2	6	22	45.90
20c	—		26	4.6	5.0	5.2	5.3	4.9	5.2	5.0	4.80	2	6	26	34,53
An 6	—		26	56.5	52.2	—	—	—	—	—	56.50	1	6	27	26.09
An 5	—		28	45.0	—	—	—	—	—	—	45.00	1	6	29	14.29
21k	—		29	21.5	21.6	21.7	21.8	21.8	21.9	22.0	21.55	2	6	29	50.74
22l	—		31	36.5	37.0: (a)	—	—	—	—	—	36.75	2	6	32	5.56
19e	A	10	6	27.3	—	—	—	—	—	—	27.30	1	7	6	50.36
An 24	E		16	33.4	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
20c	A		17	10.5	—	—	—	—	—	—	10.50	1	7	17	31.80
21k	—		22	47.5	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
22l	—		26	24.6	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
An 31	E		51	—	—	42.0	42.3	42.0	43.1	48.6:	42.35	4	7	51	57.95
An 32	—		55	—	—	2.5	2.4	2.2	3.5	3.6	2.84	5	7	55	17.89
An 37	—	11	14	—	—	44.9:	—	43.9	43.6:	45.3	44.60	2	8	14	56,39
An 39	—		14	—	57.0: (b)	—	—	58.0	60.2:	57.7	57.85	2	8	15	9.61

Beobachter: 1. O. Struve am grossen Refractor mit Vergr. II., 2. Winnecke am Heliometer, 3. Oom, 4. K. Struve, 5. Döllen, 6. Polenow, 7. Skalkowsky; die vereinzelten Notirungen von noch 5 weiteren Beobachtern sind oben nicht erst angeführt worden. — Die Momente sind in Zeit der Dent'schen Uhr angegeben, deren Stand gegen Sternzeit nach Beobachtung am Meridiankreise um 9^h war: $-9^s.36 - 1^s.68\,t$. Bemerkung von O. Struve: 16g A nicht sichtbar wegen Wolken; von hier ab (d. h. von 19e A an) Vergrösserung I; alle Sterne sehr schwach, aber die Momente doch wohl innerhalb $0^s.5$ sicher. Bemerkung von Winnecke: (a) durch Wolken, (b) am Kometsucher.

Es sind nur die Zahlen des gr. Refractors und des Heliometers berücksichtigt worden, mit Ausnahme von 16g E, den Winnecke nicht beobachtet hat, und der letzten vier Momente, wo weder Struve noch Winnecke beobachteten. Der 3. Stern oben kommt nicht bei Bessel vor und ist wahrscheinlich BD 23° 508. Die Beobachtungen 19e A bis 22l A von O. Struve mussten wegen der Bemerkung desselben bedenklich erscheinen; einer genäherten Berechnung nach waren auch wenigstens An 24 E, 21k und 22l A um einige Secunden falsch beobachtet und sind deshalb nicht weiter beachtet worden. Der Austritt von An 39 geschah bei einer Höhe von 9° 52′.

VIII. 1860 September 6.

Eintritte in den hellen, Austritte aus dem dunklen Rand; Mond im letzten Viertel Sept. 8,0.

Greenwich. Gr. Obs. 1860, p. 85.

		E. Eq.	Alt.	E. Eq.	Alt.	m. Z. Gr.	
		h m s	s	h m s	s	h m s	
27f	E	23 37 34.53 S.T. (e)	27.73 (f)	12 32 19.6 M.T.	12.8	12 32 19.63	1
28h	—	39 55.33 (e)	—	34 40.0	—	12 34 40.05	1
25η	A	54 58.74 (e)	58.14	49 41.0	40.4	12 49 40.69	2
27f	—	0 42 49.85 (e)	51.05	13 37 24.3	25.4	13 37 24.26	1
28h	—	49 7.35 (e)	6.85	43 40.7	40.2	13 43 40.48	2

E. Eq. 6.7 inch aperture, Alt. 3.75 inch. (e) satisfactory, (f) considered accurate to about half a second only.

Brüssel. Annales de l'obs. de Br. tome XVI.

		T. sid. Br. 1.	2.	3.	M.		m. Z. Br.	m. Z. Gr.
		h m s	s	s	s		h m s	h m s
23d	E	22 32 21.2	21.4	—	21.3	2	11 27 19.95	11 9 51.05
η	—	23 10 21.3 ? (a)	25.6 ? (a)	—	—		— — —	— — —
An 9	A	24 59.0	—	—	59.0	1	12 19 49.03	12 2 20.13
23d	—	35 59.2	—	59.1	59.15	2	12 30 47.38	12 13 18.48
An 19	—	43 48.4	—	—	48.4	1	12 38 35.34	12 21 6.44
27f	E	57 34.7	31.7	—	34.7	1	12 52 19.39	12 34 50.49
28h	—	58 35.2 ? (b)	40.4	—	—		— — —	— — —
An 13	A	59 23.2 ? (c)	—	—	—		— — —	— — —
An 22	—	0 2 7.6	—	—	7.6	1	12 56 51.54	12 39 22.64
An 15	—	8 20.7 ? (d)	—	—	—		— — —	— — —
An 18	—	9 46.5	—	—	46.5	1	13 4 29.19	12 47 0.29
24p	—	10 53.1	—	—	53.1	1	13 5 35.61	12 48 6.71
η	—	15 12.1	12.0	—	12.05	2	13 9 53.85	12 52 24.95
An 29	—	40 56.5	—	—	56.5	1	13 35 34.08	13 18 5.18
27f	—	1 1 26.3	26.6	—	26.45	2	13 56 0.67	13 38 31.77
28h	—	9 20.2	25.9 (e)	—	20.2	1	14 3 53.13	13 46 24.23
An 32	—	14 40.1	—	—	40.1	1	14 9 12.16	13 51 43.26

Beobachter: 1. E. Quetelet wahrscheinlich am Aequatoreal mit 3—4 Zoll Oeffnung, 2. Hooremann, 3. Prof. Quetelet. — Bemerkungen derselben: (a) ciel fort nuageux, étoile à peine visible; (b) douteuse, très-faible; (c) observation faite probablement 1ˢ trop tard, (d) observation douteuse, trop tard; (e) observation faite un peu tard.

Utrecht. Astr. Nachr. Bd. 54, p. 129.

			1.			2.	3.	Sternz. U.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		s	s	h	m	s	h	m	s
23d	E	11	32	41.9	m. Z. U. gut	42.3	—	22	37	43.63	11	12	10.3
24p	—	12	8	26.2	1 od. 2ˢ unsicher	—	—	—	—	—	—	—	—
η	—		10	59.8	gut	61.2	58.9	23	16	7.82	11	50	28.2
23d	A		36	.30.2	sehr gut	—	—	23	41	42.41	12	15	58.6
An 19	—		45	27.4	do.	—	—	23	50	41.09	12	24	55.8
27f	E		57	46.1	gut	—	—	0	3	1.81	12	37	14.5
28h	—		59	0.0	2ˢ unsicher	—	—	—	—	—	—	—	—
An 22	A	13	3	4.0	sehr gut	—	—	0	8	20.58	12	42	32.4
An 15	—		8	35.4	gut	—	—	0	13	52.89	12	48	3.8
An 18	—		9	55.5	do.	—	—	0	15	13.20	12	49	23.9
24p	—		11	8.1	do.	—	—	0	16	26.00	12	50	36.5
η	—		15	30.5	do.	30.0	31.0	0	20	49.12	12	54	58.9
An 27	—		31	32.1	do.	—	—	0	36	53.36	13	11	0.5
An 29	—		39	40.0	do.	—	—	0	45	2.59	13	19	8.4
27f	—	14	2	29.8	do.	—	—	1	7	56.14	13	41	58.2
An 31	—		7	46.1	do.	—	—	1	13	13.31	13	47	14.5
28h	—		9	58.1	do.	57.9	—	1	15	25.67	13	49	26.5
An 32	—		13	43.7	do.	—	—	1	19	11.89	13	53	12.1
An 33	—		21	46,9	do.	—	—	1	27	16.41	14	1	15.3
An 36	—		37	18.3	2 od. 3ˢ unsicher	—	—	—	—	—	—	—	—
An 37	—		39	17.1	gut	—	—	1	44	49.48	14	18	45.5
An 39	—		47	20.9	sehr unsicher	—	—	—	—	—	—	—	—

Beobachter: 1. Hoek am 6füss. Refractor von Fraunhofer, 2. Bergoma, 3. Dibbits; letztere beide mit Dollonds von 39" Brennweite und 29''' Oeffnung. Bemerkung von Hoek: „Die Beobachtung ist recht gut gelungen, das Wetter war sehr schön. Ich glaube, dass die als sehr gut angegebenen Beobachtungen wohl innerhalb 0ˢ.25, die als gut innerhalb 0ˢ.5 richtig sein werden. Bei den übrigen wird die Schätzung der Unsicherheit ziemlich getreu die erreichte Genauigkeit angeben.“ (Folgt noch eine Angabe über die Länge und Breite von Utrecht.)

Es sind nur die Beobachtungen von Hoek, und zwar die als „sehr gut“ oder „gut“ bezeichneten benutzt worden.

Leiden (neue Sternwarte). Astr. Nachr. Bd. 61, p. 269.

	1.				2.	3.	M.		Sternz. L.			m. Z. Gr.		
	h	m	s		s	s	s		h	m	s	h	m	s
23d E	11	30	12.9	m. Z. L.	9.3	—	12.9	1	22	35	14.65	11	12	16.7
24p —	12	6	7.4		—	3.8	—		—	—	—	—	—	—
η —		8	31.4		30.2	30.1	31.4	1	23	13	39.44	11	50	35.2
An 7 A		20	13.5		—	—	13.5	1	23	25	23.46	12	2	17.3
23d —		33	44.0		43.9	44.0	43.97	3	23	38	56.15	12	15	47.8
An 24 E		38	58.4		—	—	—		—	—	—	—	—	—
An 19 A		43	18.3	gut.	22.2	—	18.3	1	23	48	32.05	12	25	22.1
27f E		54	45.1		43.7	43.0	45.1	1	0	0	0.73	12	36	48.9
28h —		56	—		12.1	—	—		—	—	—	—	—	—
An 22 A	13	0	27.3		—	29.2	27.3	1	0	5	43.87	12	42	31.1
An 15 —		5	28.3	gut.	26.7	—	26.7	1	0	10	44.09	12	47	30.5
24p —		8	2.8		—	2.7	2.75	2	0	13	20.57	12	50	6.55
η —		12	26.3		25.8	26.4	26.17	3	0	17	44.71	12	54	30.0
An 32 E		24	34.1		—	—	—		—	—	—	—	—	—
27f A		59	41.3		41.4	39.7	40.8	3	1	5	7.10	13	41	44.6
28h —	14	6	—		54.8	55.0	54.9	2	1	12	22.39	13	48	58.7
An 32 —		9	—		52.4	—	52.4	1	1	15	20.37	13	51	56.2
An 33 —		18	29.7		30.4	30.2	30.1	3	1	23	59.49	14	0	33.9
An 36 —		32	—		31.3	—	33m 41.3s	1	1	39	13.18	14	15	45.1
An 37 —		35	47.6		48.6	47.4	47.87	3	1	41	20.10	14	17	51.7
An 39 —		43	1.7	unsicher.	—	—	—		—	—	—	—	—	—

Beobachter: 1. Kam am Steinheil von 4'', 2. P. J. Kaiser am Steinheil von 34''', 3. Binkes am Merz von 27'''. — Bei den Eintritten sind nur die Beob. Kam's von 23d, η und 27f beachtet. Bei dem Austritt von 27f bin ich von der allgemeinen Regel, nach welcher nur die Zahl von Binkes hätte benutzt werden sollen, wegen der nahen Uebereinstimmung von Kam und Kaiser abgewichen. Die Austrittszeit von An 36 musste um $1^m\ 10^s$ vermehrt werden.

Berlin. Astr. Nachr. Bd. 57, p. 43.

					m. Z. B.			m. Z. Gr.		
	h	m	s		h	m	s	h	m	s
27f A	1	47	36.6	Sternz. Berlin.	14	42	9.17	13	48	34.37
28h —		57	23.0	Beobachter: W. Foerster	14	51	53.97	13	58	19.17
An 32 —	2	7	4.4	(wahrscheinlich am gr. Refractor).	15	1	33.79	14	7	58.99
An 33 —		11	27.0		15	5	55.67	14	12	20.87
An 35 —		22	40.9	Die Eintritte wurden durch Wolken	15	17	7.73	14	23	32.93
An 36 —		25	59.7	verhüllt; die Austritte dagegen	15	20	25.99	14	26	51.19
An 37 —		30	53.5	waren sehr genau zu beobachten.	15	25	18.99	14	31	44.19

Christiania. Astr. Nachr. Bd. 55, p. 87.

		1.			2.	3.	M.		Sternz. Chr.			m. Z. Gr.		
		h	m	s	s	s	s		h	m	s	h	m	s
23d	E	12	11	9.96	9.47 :	m. Z. Chr.	9.96	1	23	16	14.33	11	28	15.76
An 1	A		45	29.23 :	28.90	29.8	29.31	3	23	50	39.32	12	2	35.11
24p	E		49	34.1 :	22.6 :	—	—		—	—	—	—	—	—
η	—		51	40.32	40.56	40.8	40.56	3	23	56	51.59	12	8	46.36
An 7	A	13	0	14.51	14.64	14.4	14.52	3	0	5	26.95	12	17	20.32
23d	—		16	7.81	10.26 :	—	7.81	1	0	21	22.85	12	33	13.61
An 19	—		30	41.12	—	—	61.12	1	0	36	18.62	12	48	6.92
27f	E		36	3.53	2.15	—	3.53	1	0	41	21.85	12	53	9.33
28h	—		39	8.9 :	0.1 :	—	—		—	—	—	—	—	—
An 22	A		46	19 :	—	—	—		—	—	—	—	—	—
η	—		53	3.45	—	—	—		—	—	—	—	—	—
26s	—	14	11	—	6.40	—	6.40	1	1	16	30.47	13	28	12.20
An 32	—		38	—	43.06	—	43.06	1	1	44	11.67	13	55	48.86
27f	—		45	4.53	4.63	—	4.58	2	1	50	34.24	14	2	10.38
28h	—		49	52.44	52.00	—	52.22	2	1	55	22.66	14	6	58.02
An 40	—	15	5	51.3 :	—	—	—		—	—	—	—	—	—
An 37	—		11	—	37.10	—	37.10	1	2	17	11.12	14	28	42.90

Beobachter: 1. Fearnley am 7füss. Frhf. (die Eintritte von 27f und 28h jedoch am 4füss.), 2. Mohn am Aequatoreal, 3. Throndsen am 4füss. Frhf. In der Mitte der Erscheinung störten Wolken — 28h E und An 22 A deshalb zweifelhaft —, sonst gute Luft. Die mit : bezeichneten Momente sind unsicher, alle anderen gut; dunkler Rand gut sichtbar. (Folgt noch eine Bem. über eine bei dem Austritt von 28h wahrgenommene Erscheinung.)

Die Austrittszeit von An 19 ist um 20ˢ vergrössert worden; der Austritt von η ist unrichtig notirt, die Zeit müsste um 35ˢ vermehrt werden.

Danzig (am Frauenthor). Astr. Nachr. Bd. 54, p. 225.

						Sternz. D.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s	h	m	s
17b	E	12	16	33.0	m. Z. Danzig.	23	21	33.05	11	1	54.7
23d	—		35	34.0		—	—	—	—	—	—
17b	A		51	41.8	Beobachter: E. Kayser am	23	56	47.62	11	37	3.5
η	E	13	14	59.3	Fraunhofer von 42″.	0	20	8.95	12	0	21.0
23d	A		43	7.5	Vergr. 56fach.	0	48	21.77	12	28	29.2
28h	E	14	8	51.0	Scharfe Zeitbestimmung.	—	—	—	—	—	—
27f	—		9	38.4		1	14	57.02	12	55	0.1
η	A		26	20.0		1	31	41.36	13	11	41.7
28h	—	15	21	54.8		2	27	25.30	14	7	16.5

Wegen der zu geringen angewandten Vergrösserung sind nur die Eintritte der drei hellsten Sterne der Gruppe: η, 27f und 17b berücksichtigt worden.

Wien. Astr. Nachr. Bd. 54, p. 135.

		m. Z. W. 1.			2.	M.		Sternz. W.			m. Z. Gr.		
		h	m	s	s	s		h	m	s	h	m	s
17b	E	11	50	20.1:	—	—		—	—	—	—	—	—
23d	—	12	15	16.5	—	16.5	1	23	20	17.83	11	9	44.8
17b	A		36	4.5	5.0	4.75	2	23	41	9.50	11	30	33.05
24p	E		49	31.2:	—	—		—	—	—	—	—	—
η	—		53	8.1	5.0	8.1	1	23	58	15.65	11	47	36.4
An 1	A		57	—	53.5:	—		—	—	—	—	—	—
An 24	E	13	7	55.1:	—	—		—	—	—	—	—	—
An 7	A		11	23.0	22.2	22.6	2	0	16	33.14	12	5	50.9
23d	—		19	30.2	31.1	30.65	2	0	24	42.53	12	13	58.95
An 10	—		26	59.9	—	59.9	1	0	32	13.01	12	21	28.2
An 13	—		43	47.1	—	47.1	1	0	49	2.97	12	38	15.4
28h	E		50	2.1	—	2.1	1	0	55	18.99	12	44	30.4
27f	—		54	40.3:	35.5	40.3	1	0	59	57.96	12	49	8.6
24p	A	14	1	5.2	—	5.2	1	1	6	23.91	12	55	33.5
An 18	—		1	—	16.5	16.5	1	1	6	35.24	12	55	44.8
η	—		4	41.1	41.5	41.3	2	1	10	0.60	12	59	9.6
An 24	—		7	1.2	—	1.2	1	1	12	20.88	13	1	29.5
28h	—		57	24.8	24.5	24.65	2	2	2	52.61	13	51	52.95
An 31	—	15	13	58.0	58.3	58.15	2	2	19	28.83	14	8	26.45
An 33	—		15	52.5	54.0	52.5	1	2	21	23.50	14	10	20.8
An 32	—		17	27.4	28.5	27.4	1	2	22	58.66	14	11	55.7

Beobachter: 1. Weiss am Refractor von 6 Zoll, 2. Murmann am Fraunhofer von 45‴.

Die Beobachtung der Austritte wurde durch Wolkenzüge unterbrochen und noch vor dem Ende der Erscheinung trat eine gänzliche Umwölkung ein. Am Refractor schien Atlas beim Eintritt sich einige Secunden hindurch auf der beleuchteten Mondfläche zu projiciren.

Bei den Eintritten ist allein der Sechszöller berücksichtigt worden; bei 27f schien das Zeichen : nur auf die Bemerkung oben hinzuweisen, nach welcher die Beobachtung gelungen zu sein scheint; dieselbe ist deshalb nicht ausgeschlossen. Der Eintritt von 17b dagegen hat sich in der That als nicht scharf beobachtet erwiesen. — Für die Austritte sind beide Instrumente benutzt worden, falls die Abweichungen 1^s nicht überstiegen.

Wilna. Astr. Nachr. Bd. 54, p. 121.

		1. h	m	s		2. s	M. s		m. Z. W. h	m	s	m. Z. Gr. h	m	s
17b	E	23	46	39.5	Stz. W. scharf.	39.1	39.5	1	12	41	39.69	11	0	27.79
23d	—	0	12	16.6		—	16.6	1	13	7	12.59	11	26	0.69
17b	A		33	—		19.7	19.7	1	13	28	12.24	11	47	0.34
24p	E		48	24.7	etwas unsicher.	—	—		—	—	—	—	—	—
η	—		52	5.5	scharf.	—	5.5	1	13	46	54.97	12	5	43.07
An 24	—	1	9	2.7	etwas unsicher.	—	—		—	—	—	—	—	—
An 7	A		11	4.4	unsicher.	—	—		—	—	—	—	—	—
23d	—		20	25.6		26.0	25.8	2	14	15	10.63	12	33	58.73
An 9	—		22	43.6	gut.	—	43.6	1	14	17	28.05	12	36	16.15
28b	E		49	18.7		—	18.7	1	14	43	58.80	13	2	46.90
27f	—		51	45.8		—	45.8	1	14	46	25.49	13	5	13.59
An 15	A	2	0	4.3	unsicher.	—	—		—	—	—	—	—	—
η	—		6	7.5	scharf.	—	7.5	1	15	0	44.84	13	19	32.94
An 29	—		41	44	unsicher, Wolken.	—	—		—	—	—	—	—	—
27f	—		50	—		27.3	27.3	1	15	44	57.38	14	3	45.48
28h	—	3	2	—		8.5	8.5	1	15	56	36.66	14	15	24.76

Beobachter: 1. Sabler am 6zölligen Refr., 2. Gussew am Fernrohr von 45‴. Der Mond war besonders gegen Ende durch dünne Nebelwolken verschleiert, so dass mehrere Momente, namentlich im schwächeren Fernrohr, verloren gingen.

Bei den Eintritten sind nur die Zahlen des Sechszöllers beachtet worden. — Sämmtliche Zeiten scheinen übrigens der Ausgleichung nach um einen constanten Betrag zu klein zu sein, was entweder durch einen Fehler in der Zeitbestimmung, oder in der angenommenen Länge (dieselbe müsste verkleinert werden) verursacht sein könnte.

Nikolajew. Astr. Nachr. Bd. 56, p. 336.

		h	m	s		m. Z. N. h	m	s	m. Z. Gr. h	m	s
17b	E	23	54	27.7	Sternz. N.	12	49	30.99	10	41	36.79
23d	—	0	38	43.7		13	33	39.74	11	25	45.54
17b	A	1	2	24.7	Beobachter: K. Knorre	13	57	16.86	11	49	22.66
η	E		16	31.8	am 5füss. Fraunhofer.	14	11	21.64	12	3	27.44
An 4	A		17	2.3:		—	—	—	—	—	—
An 3	—		25	19.7		—	—	—	—	—	—
23d	—		31	27.1		14	26	14.50	12	18	20.30
An 8	—		52	0.8		14	46	44.83	12	38	50.63
An 9	—		53	13.8		14	47	57.63	12	40	3.43
η	—	2	26	16.0		15	20	54.42	13	13	0.22

Die Austritte von An 4 und An 3 sind nicht beachtet: der erstere, weil als unsicher bezeichnet, der andere wegen zu geringer Helligkeit des Sternes.

IX. 1876 October 6.

Eintritte in den hellen, Austritte aus dem dunklen Rand; Vollmond Oct. 3.0.

Strassburg (prov. Sternwarte). Astr. Nachr. Bd. 88, p. 311.

		Sternz. Str. 1.				2.		3.		M		m. Z. Str.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		s		s		s		h	m	s	h	m	s
17b	E	22	11	20.3	(a)	23.6	(b)	22.6		23.6	1	9	8	1.41	8	36	59.01
16g	—		34	24.8	(b)	—		—		m s 32 24.8	1	9	28	59.17	8	57	56.77
23d	—		45	20.5	(c)	19.7	(b)	19.0		20.5	1	9	41	52.75	9	10	50.35
20c	—		55	11.4	(c)	9.5	(b)	9.7	(d)	11.4	1	9	51	42.04	9	20	39.64
17b	A	23	6	16.9	(b)	17.6		17.0	(c)	17.17	3	10	2	45.99	9	31	43.59
24p	E		9	58.9		—		—		58.9	1	10	6	27.12	9	35	24.72
η	—		14	17.9	(e)	18.5	(c)	17.6		17.9	1	10	10	45.41	9	39	43.01
An 1	A		16	55.9	(f)	—		56.5		(55.9	1)	(10	13	22.98)	(9	42	20.58)
23d	—		23	—		58.5		58.6	(c)	58.55	2	10	20	24.47	9	49	22.07
20c	—		27	2.4	(g)	—		2.2	(c)	2.3	2	10	23	27.72	9	52	25.32
An 15	—	0	2	6.4	(b)	—		—		6.4	1	10	58	26.08	10	27	23.68
24p	—		2	—		12.8	(b)	12.3		12.55	2	10	58	32.21	10	27	29.81
η	—		3	13.4	(c)	13.4	(c)	13.4	(c)	13.4	3	10	59	32.89	10	28	30.49
An 18	—		4	4.4	(b)	—		—		4.4	1	11	0	23.75	10	29	21.35
An 24	—		18	29.6	(b)	30.8	(b)	29.5	(b)	29.55	2	11	14	46.54	10	43	44.14
An 27	—		38	14.5	(c)	17.7		18.0	(h)	14.5	1	11	34	28.26	11	3	25.86
An 29	—		46	38.2	(c)	38.1	(b)	39.6	(i)	38.15	2	11	42	50.53	11	11	48.13
An 35	—	1	1	2.5	(k)	—		—		m s (56 2.5	1)	(11	52	13.34)	(11	21	10.94)
An 31	—		8	55.5	(b)	—		57.3		55.5	1	12	5	4.23	11	34	1.83
An 32	—		9	35.5	(c)	—		35.7	(b)	35.6	2	12	5	44.22	11	34	41.82
An 37	—		18	2.0	(b)	5.2	(b)	10.0	(l)	2.0	1	12	14	9.24	11	43	6.84
An 39	—		45	16.5	(m)	—		m s 44 38.5	(b)	16.5	1	12	41	19.27	12	10	16.87

Beobachter: 1. Winnecke am 6zölligen Bahnsucher Vergr. 492, 2. Schur: 3zöll. Frhf. Vergr. 133, 3. Hartwig: 3zöll. Frhf. Vergr. 59. Bem. (a) unsicher, Mond noch hinter einem Baum, (b) gut, (c) sehr gut, (d) lange am Rande klebend, (e) sehr gut, η trat zwischen zwei Bergen im Thale ein, (f) vielleicht zu spät, (g) es steigt nach dieser Beobachtung plötzlich dicker Nebel auf, der erst vor dem Austritt von An 15 schwindet, (h) nicht gut, (i) nicht sicher, (k) schwach, (l) zu spät, (m) sehr gut, — es lässt sich nicht entscheiden, welcher Beobachter sich verzählt hat.

Für die Eintritte sind allein die Zahlen des Bahnsuchers berücksichtigt worden, mit Ausnahme des von 17b. Bei den Austritten sind, da der Bahnsucher nicht durchweg früher beobachtet hat, die anderen Beobachter mit hinzugezogen, sobald die Abweichungen 1ˢ nicht überstiegen. Die Austritte von An 1 und 35 sind — worauf schon die beigesetzten Bemerkungen hinwiesen — einige Secunden zu spät erblickt; bei An 35 ist die Zeit ausserdem um 5ᵐ zu gross gemacht. Bei An 39 A ist Winnecke's Zahl richtig.

Kiel. Astr. Nachr. Bd. 88, p. 317.

		mittl. Z. K.					M.		Sternz. K.			m. Z. Gr.		
		1.			2.	3.								
		h	m	s	s	s	s		h	m	s	h	m	s
17b	E	9	27	60.3	59.6	—	60.3	1	22	31	24.20	8	47	24.7
16g	—		56	10.1	—	—	10.1	1	22	59	38.63	9	15	34.5
23d	—		59	38.0	37.9	—	38.0	1	23	3	7.09	9	19	2.4
16g	A	10	4	15.8	—	—	15.8	1	23	7	45.65	9	23	40.2
20c	E		16	44.0	35.1	39.4	44.0	1	23	20	15.90	9	36	8.4
17b	A		22	—	15.7	19.0	15.7	1	23	25	48.51	9	41	40.1
24p	E		25	24.3	—	—	24.3	1	23	28	57.63	9	44	48.7
η	—		29	29.6	29.2	30.2	29.6	1	23	33	3.60	9	48	54.0
20c	A		38	—	9.1	11.8	9.1	1	23	41	44.52	9	57	33.5
23d	—		44	1.6	—	—	1.6	1	23	47	37.99	10	3	26.0
24p	—	11	21	29.4	—	—	29.4	1	0	25	11.94	10	40	53.8
η	—		22	58.3	58.7	61.3	58.5	2	0	26	41.29	10	42	22.9

Beobachter: 1. C. F. W. Peters am 8zöll. Refractor, 2. Grützmacher an einem 5zölligen, 3. Schumacher an einem 4zöll. Fernrohr. — Gleiche Bemerkung wie unten bei Berlin.

Düsseldorf (Bilk). Astr. Nachr. Bd. 89, p. 47.

					Sternz. D.			m. Z. Gr.		
		h m s			h	m	s	h	m	s
17b	E	9 8 51.3 m. Z. D. gut.			—	—	—	—	—	—
23d	—	39 40.3		Die Eintritte in den hellen	—	—	—	—	—	—
20c	—	56 26.5		Rand wurden durch	—	—	—	—	—	—
17b	A	10 2 18.6 gut		Schwächung des Stern-	23	5	50.35	9	35	13.8
η	E	9 20.4		lichtes etwas unsicher.	—	—	—	—	—	—
η	A	11 1 42.8 gut.		Beob. Luther (wohl am 6f. Frhf. von 52''' Oeff.)	0	5	24.31	10	34	38.0

Die Eintritte sind allerdings sämmtlich zu früh notirt, namentlich die von 17b und 23d; wahrscheinlich ist mit einer zu schwachen Vergrösserung beobachtet. Die Austritte sind gelungen.

Leipzig. Astr. Nachr. Bd. 93, p. 29.

		m. Z. L.								m. Z. Gr.			
		1.			2	3.	4.	M.					
		h	m	s	s	s	s	s		h	m	s	
17b	E	9	31	4.8 (b)	5.6	3.1 (h)	5.9	5.43	3	8	41	31.53	
16g	—		50	55.0	53.3 (a)	—	53.5 (f)	55.0	1	9	1	21.1	
23d	—	10	7	7.4 (c)	5.7	3.4	7.4	7.4	1	9	17	33.5	
20c	—		14	47.9 (c)	46.4	44.2	46.6	47.9	1	9	25	14.0	
16g	A		18	—	38.8	38.5	—	38.65	2	9	29	4.75	
17b	—		27	—	44.3	45.3	—	44.8	2	9	38	10.9	
24p	E		31	—	44.6 (a)	—	—	—		—	—	—	
η	—		36	20.7 (c)	17.4	18.1	19.5 (g)	20.7	1	9	46	46.8	
An 24	—		37	42.8	—	—	—	42.8	1	9	48	8.9	
23d	A		44	41.2 (c)	42.0	41.4	—	41.53	3	9	55	7.63	
An 8	—		45	57.0 (c)	—	—	—	—		—	—	—	(1)
20c	—		50	—	1.5 (a)	1.4	—	1.45	2	10	0	27.55	
An 29	E	11	4	59.9	—	—	—	59.9	1	10	15	26.0	
An 12	A		16	58.4 (d)	—	—	—	58.4	1	10	27	24.5	
η	—		25	8.3	8.8	8.6	—	8.57	3	10	35	34.67	
An 32	E		29	15.9	—	—	—	15.9	1	10	39	42.0	
An 24	A		41	—	12.2	—	—	12.2	1	10	51	38.3	
An 32	—	12	29	—	30.3 (a)	—	—	—		—	—	—	
An 31	—		32	29.0 (e)	—	—	—	—		—	—	—	(2)
An 37	—		41	42.5 (e)	44.3 (a)	—	—	42.5	1	11	52	8.6	(3)

Beobachter: 1. Peter am grossen Aequatoreal Oeff. 216mm Vergr. 192 f. 2. Harzer: Frhf. Oeff. 115mm Vergr. 72 f. 3. Leppig: Frhf. Oeff. 81mm Vergr. 64 f. 4. Weinek: Cometsucher Oeff. 135mm Vergr. 60 f. Bem. (a) unsicher, (b) ± 0ˢ5, (c) sehr gut, (d) vielleicht um 1ˢ verzählt, (e) durch Wolken, (f) wegen Schwäche des Objectes schwer zu beobachten, (g) gute Beobachtung, Uebergreifen des Sterns und dann Verschwinden; (h) Mondrand wallend.

Bei den Eintritten ist allein das grosse Aequatoreal berücksichtigt; nur bei 17b, wo Peter die Bem. ± 0ˢ5 hat, sind auch Harzer und Weinek hinzugezogen. Für die Austritte sind sämmtliche Beobachtungen benutzt. Anm. (1) falls die angesetzte Zeit richtig ist, kann der Stern unmöglich An 8 sein; vielleicht soll es An 3 heissen, oder es ist die laufende Bessel'sche Nummer genommen und dann An 4. Letzteres würde am besten stimmen, aber auch dann noch müsste die Zeit um ca. —15ˢ corrigirt werden. (2) ist allerdings einige Secunden zu spät notirt, (3) P.'s Zahl stimmt gut mit den anderen Beobachtungen überein; der Stern muss auch, da er in dem viel schwächeren Fernrohr von H. sichtbar war, im gr. Refractor sehr deutlich gewesen sein.

Berlin. Astr. Nachr. Bd. 88, p. 359.

		m. Z. B.								Sternz. B.			m. Z. Gr.		
		1.			2.	3.	4.	M.							
		h	m	s	s	s	s	s		h	m	s	h	m	s
17b	E	9	37	12.6	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—
16g	—		57	—	32.6	—	—	32.6	1	23	0	59.22	9	3	57.8
23d	—	10	13	—	14.7	13.5	—	14.7	1	23	16	43.90	9	19	39.9
20c	—		21	27.8	31.6	26.9	—	31.6	1	23	25	2.16	9	27	56.8
16g	A		24	40.2	—	41.4	—	40.2	1	23	28	11.28	9	31	5.4
17b	—		34	9.8	10.3	9.8	—	9.97	3	23	37	42.61	9	40	35.17
24p	E		38	—	11.8	—	—	11.8	1	23	41	45.10	9	44	37.0
η	—		42	33.6	36.5	34.9	—	36.5	1	23	46	10.53	9	49	1.7
An 24	—		44	—	16.3	—	—	16.3	1	23	47	50.60	9	50	41.5
23d	A		51	37.0	—	38.2	—	37.0	1	23	55	12.50	9	58	2.2
20c	—		56	6.5	6.9	—	—	6.7	2	23	59	42.94	10	2	31.9
η	—	11	32	13.5	—	14.1	13.7	13.77	3	0	35	55.95	10	38	38.97

Beobachter: 1. Foerster: 3½ f. Dollond Vergr. 80, 2. Knorre: gr. Refractor Vergr. 220, 3. Jesse: Spiegeltelescop Vergr. 80, 4. Müller: Cometsucher Vergr. 14.

Für die Eintritte sind nur die Zahlen des gr. Refractors, für die Austritte Mittel aus allen Angaben, sobald die Abweichungen 1ˢ nicht überstiegen, benutzt worden.

Prag. Astr. Nachr. Bd. 89, p. 317.

						Sternz. P.			m. Z. Gr.		
		h	m	s		h	m	s	h	m	s
23d	A	10	48	8.4	m. Z. Pr. Beob. Wenzel an	23	51	42.65	9	50	27.1
η	—	11	29	57.9	einem Frhf. von 3½″ Oeffn.	0	33	39.02	10	32	16.6

Breslau. Astr. Nachr. Bd. 89, p. 31.

		m. Z. Br.						Sternz. Br.			m. Z. Gr.		
		1.			2.	M							
		h	m	s	s	s		h	m	s	h	m	s
η	E	10	59	34.5	34.1	34.3	2	0	3	8.71	9	51	25.4
η	A	11	43	12.3	12.3	12.3	2	0	46	53.88	10	35	3.4

Beobachter: 1. Galle an einem franz. Fernrohr von 4″ Oeffn., 2. Neugebauer an einem Frhf. von 43‴.

— In den Monthly Notices Bd. 37 findet sich noch eine in Cadiz angestellte Beobachtung dieses Durchganges, welche aber wegen ungenügender Zeitbestimmung nicht benutzt werden konnte.

Zur Uebersicht über alle zur Ableitung des Resultates benutzten Ein- und Austritte mögen die folgenden beiden Zusammenstellungen dienen, von denen die erste nach den Beobachtungsorten, die zweite nach den Durchgängen geordnet ist; dieselben erläutern sich im übrigen von selbst.

Name des Ortes.	Zahl der an dem betr. Ort beob. Momente.					Nummer des Durchganges.
	Eintritte.		Austritte.		Insgesammt.	
	dunkl. R.	heller R.	dunkl. R.	heller R.		
Altona	9	2	8	—	19	II. V.
Ashurst	12	—	—	2	14	I.
Berlin	8	9	18	3	38	II. V. VIII. IX.
Bilk	—	—	2	—	2	IX.
Bonn	8	—	—	1	9	V.
Breslau	5	1	1	—	7	VII. IX.
Brüssel	1	4	22	1	28	III. IV. VI. VIII.
Cambridge (Mass.).	—	—	6	—	6	VI.
Christiania	1	3	9	—	13	IV. VIII.
Danzig	—	3	4	—	7	VIII.
Dorpat	33	3	—	5	41	I. V. VI.
Edinburg	—	3	3	—	6	II.
Goettingen	13	—	—	—	13	V. VII
Greenwich	8	4	7	—	19	I III. V. VI VIII.
Hamburg	—	3	23	—	26	II.
Kiel	—	6	6	—	12	IX.
Königsberg	9	—	—	—	9	I VII.
Krakau	7	—	—	—	7	V.
Kremsmünster . . .	6	—	—	—	6	V.
Leiden	24	4	21	9	58	I. II. III. IV. V. VI. VII. VIII.
Leipzig	—	8	8	—	16	IX.
Madras	4	—	—	1	5	IV.
Nikolajew	—	3	5	—	8	VIII.
Petersburg	3	1	1	—	5	III. VII.
Prag	6	—	2	—	8	V. IX.
Pulkowa	32	16	16	12	76	II. III. IV. V. VII
Strassburg	—	6	14	—	20	IX.
Utrecht	—	3	15	—	18	VIII.
Wien	—	4	13	—	17	VIII.
Wilna	4	7	9	1	21	III. IV. VIII
Wolverhampton . .	—	1	5	—	6	VI.

Tag des Durchganges.	Eintritte. dunkl R.	Eintritte. heller R.	Austritte. dunkl. R.	Austritte. heller R.	Ein- und Austritte.	Anzahl der einzelnen Beobachtungen.	Anzahl der Beobachter.	Anzahl der Orte.	Anzahl der Sterne.
1. 1839 März 19	52			7	59	81	10	5	29
2. 1841 August 10		20	49		69	121	15	6	23
3. 1857 October 6		11	18		29	31	8	6	10
4. 1857 November 30	22			8	30	37	8	6	14
5. 1858 Februar 20	83			14	97	167	27	11	19
6. 1858 August 30		8	27		35	39	9	6	15
7. 1859 April 6	36			6	42	72	17	6	18
8. 1860 September 6		28	86		114	147	19	10	26
9. 1876 October 6		27	38		65	92	16	7	18
Sa.:	193	94	218	35	540	787			
	287		253						

Zum Schluss dieses Abschnittes sei es noch gestattet, einige Punkte, auf welche man bei der Durchsicht des Beobachtungsmaterials aufmerksam wird, zur Sprache zu bringen. Vor Allem fällt auf, dass zu den Beobachtungen am hellen Rande oft viel zu schwache Vergrösserungen angewandt sind. Wenn es die Luftzustände und die Aufstellung des Rohres nur irgend erlauben, darf, meiner Ansicht nach, das benutzte Ocular nicht mehr als circa $^1/_3$ Zoll Brennweite haben, bei Objectiven von sehr grosser Focaldistanz vielleicht $^1/_2$ Zoll, um das Gesichtsfeld nicht gar zu klein zu bekommen; oder mit anderen Worten, die Vergrösserung muss etwa das 40fache des in Zollen ausgedrückten Objectivdurchmessers betragen. — Die Beobachtungen am beleuchteten Rande, namentlich die der Austritte aus demselben, könnten vielleicht aber auch durch folgende einfache Vorrichtung leichter und schärfer gemacht werden. Man denke sich in der Focalebene des Fernrohrs ein Diaphragma so angebracht, dass es die Hälfte des Gesichtsfeldes abblendet, indem seine Kante geradlinig nahe durch dessen Mitte schneidet. Dasselbe sei mit dem Ocular fest verbunden und mit diesem um die optische Axe drehbar, so dass die Stellung jener Kante an einem Positionskreise abgelesen werden kann. Offenbar kann dann letztere, ebenso wie ein Mikrometerfaden, zur Fixirung der Austrittsstelle benutzt, und darauf durch passende Stellung des Rohres der Mond so weit abgeblendet werden, dass nur noch ein schmales Segment desselben sichtbar bleibt, an dessen Mitte der Austritt zu erwarten ist. Man gewinnt damit den Vortheil, dass das Auge nicht durch die helle

Mondfläche überreizt wird, und dass die Beobachtung in der Mitte des Gesichtsfeldes angestellt werden kann. Ich glaube, dass diese unschwer anzubringende Einrichtung sich namentlich bei Objectiven von sehr grosser Oeffnung bewähren würde, indem sie die Anwendung nicht übermässig starker Vergrösserungen ermöglichte, was ja neben anderen auch den Vortheil hat, dass etwaige in der Bestimmung der Austrittsstelle begangene Fehler weniger störend werden. — Die Angabe des von jedem Beobachter benutzten Instrumentes nebst Vergrösserung darf auf keinen Fall bei der Mittheilung der Beobachtung fehlen, ebenso wenig Bemerkungen über die Beschaffenheit der Luft etc.; die notirten Uhrzeiten sind eher entbehrlich, doch würden sie zum mindesten in der Beobachtungssammlung der betreffenden Sternwarte wohl am Platze sein, wie man sie auch schon zuweilen in solchen findet.

Ob weiter die Anwendung des elektrischen Registrirapparates hier empfehlenswerth ist, lässt sich noch nicht bestimmt behaupten; jedenfalls sollte es erprobt werden, und es scheint auch, als ob durch sie sowohl die persönliche Gleichung vermindert, als auch die Beobachtung rasch aufeinander folgender Momente — besonders von Eintritten in den dunklen Rand — erleichtert werden würde.

Befinden sich mehrere Beobachter an einem Orte, so würde eine Theilung der Arbeit zur Erzielung einer vollständigeren Beobachtung von Vortheil sein; die Beobachter an den stärkeren Instrumenten müssten ihre Aufmerksamkeit in erster Linie auf die schwierigeren Momente richten.

Erst dann aber wird man aus einer Plejadenbedeckung den grössten Nutzen ziehen können, wenn dieselbe an möglichst vielen und auf eine möglichst grosse Fläche vertheilten Orten beobachtet ist. Bis jetzt liegen die sich am meisten betheiligenden Sternwarten fast auf einer geraden Linie quer durch Mitteleuropa. Pulkowa und Leiden liefern die zahlreichsten und vollständigsten Beobachtungen, während von so vielen südlich gelegenen Sternwarten, welche doch durch ein milderes und heiteres Klima begünstigt sind, nicht Eine Zahl vorliegt. Im Interesse der Mondtheorie ist eine allgemeinere Beachtung dieser schönen Phänomene sehr zu wünschen.

Die angewandte Berechnungsart der Bedeckungen.

Von Methoden zur Reduction von Sternbedeckungen giebt es eine ganze Reihe. Dieselben auch nur anzudeuten, möchte einen nicht unbedeutenden Raum beanspruchen und hier auch überflüssig sein. Von allen mir bekannten schien mir, als ich anfing mich eingehender mit diesem Gegenstande zu beschäftigen, die von Bessel in seiner „Analyse der Finsternisse" gegebene wegen ihrer Schärfe und wegen der einfachen ihr zu Grunde liegenden geometrischen Anschauung vorzuziehen zu sein. In Rücksicht auf die hier zu machende Anwendung hielt ich dieselbe aber noch einer Vereinfachung für fähig, und bin ich von ihr ausgehend auf einigen Umwegen zu den demnächst zu entwickelnden Formeln gekommen. Wenn ich letztere somit auch als selbstständig gefunden bezeichne, so muss es mir doch fern liegen, sie für neu auszugeben, da ich dieselben nachher, als ich zur Sammlung der Beobachtungen die einschlägige, mir zu Gebote stehende Literatur genauer durchsah, sogar noch an zwei Orten aufgestellt gefunden habe; es wäre bei ihrer ungemeinen Einfachheit auch höchst sonderbar gewesen, wenn sie noch nicht hätten bemerkt sein sollen. Das Verfahren findet sich auseinandergesetzt einmal in dem Aufsatze von A. R. Clarke: On the Reduction of Occultations (Mem. of R. Astr. Soc. Vol. XXVII; read July 9, 1858), und wird dort vom Verfasser als nach seiner Erinnerung neu bezeichnet; das zweite Mal in der Einleitung der schon oben erwähnten Arbeit von Seeling (Astr. Nachr. Bd. 52, p. 289, datirt vom 15. März 1860), welchem es, wie er angiebt, von Klinkerfues mitgetheilt war.

Da die Methode trotzdem weniger bekannt zu sein scheint, als sie verdient, auch in keines der mir bekannten Lehrbücher aufgenommen ist, so wird man es, hoffe ich, nicht für überflüssig erachten, wenn ich ihre analytische Begründung hier in extenso hersetze, zumal dieselbe in einigen Einzelheiten von den in den genannten beiden Arbeiten gegebenen abweicht.

Durch das Centrum der Erde denken wir uns eine Ebene λ gelegt senkrecht zu der Richtung, in welcher zur Zeit der Bedeckung der bedeckte Stern erscheint. In λ nehmen wir ein rechtwinkliges Coordinatensystem an mit dem Erdcentrum als Nullpunkt und der Schnittlinie von λ mit der Aequatorebene als x Axe (positiv gerechnet nach der Seite der wachsenden Rectascensionen); senkrecht zur x Axe steht die y Axe (positiv gerechnet nach der Seite des Poles der Bären). Die Punkte der Sphäre, nach denen die beiden Axen hinweisen, sind demgemäss ihrer AR. und Decl. nach bestimmt durch $(90+\alpha', o)$ und $(\alpha', \delta'+90)$, wenn nämlich α' und δ' AR. und Decl. des betreffenden Sternes sind. Auf die Ebene λ projiciren wir orthogonal Mond und Erde; x und y seien die Coordinaten der Projection des Mondcentrums, ξ und η die der Projection des Erdortes, von welchem aus die Bedeckung beobachtet ist. Sind dann α, δ, π geocentrische AR., Decl. und Horizontalaequatorealparallaxe des Mondcentrums für den Augenblick des beobachteten Ein- oder Austrittes: Θ, φ', ϱ Sternzeit, geocentrische Breite und Radiusvector des Beobachtungsortes, so ist, wenn wir zur Längeneinheit den Aequatorhalbmesser der Erde nehmen:

$$1)\left\{\begin{aligned}\xi &= \varrho\cos\varphi'\sin(\Theta-\alpha') \\ \eta &= \varrho\sin\varphi'\cos\delta' - \varrho\cos\varphi'\sin\delta'\cos(\Theta-\alpha')\end{aligned}\right. \qquad \left\{\begin{aligned}x &= \frac{1}{\sin\pi}\cos\delta\sin(\alpha-\alpha') \\ y &= \frac{1}{\sin\pi}\left(\sin\delta\cos\delta' - \cos\delta\sin\delta'\cos(\alpha-\alpha')\right)\end{aligned}\right.$$

Hier empfiehlt es sich zunächst zur bequemen Berechnung von y zwei Hülfsgrössen, die n und p heissen mögen, durch folgende Gleichungen einzuführen:

$$2)\left\{\begin{aligned}\sin\delta'\cos(\alpha-\alpha') &= n\sin(\delta'-p) \\ \cos\delta' &= n\cos(\delta'-p),\end{aligned}\right.$$

wodurch wird

$$y = \frac{n\sin(\delta-\delta'+p)}{\sin\pi}.$$

Auch von η eine entsprechende Umformung vorzunehmen ist dagegen nicht am Platze, man kommt bei diesem mit Hülfe der Gauss'schen Logarithmen rascher zum Ziel. Setzen wir jetzt weiter zur Abkürzung:

$$\begin{aligned} \Theta - \alpha' &= t \\ \alpha - \alpha' &= A \\ \delta - \delta' + p &= D \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \varrho \cos \varphi' &= \gamma \\ \varrho \sin \varphi' &= \sigma, \end{aligned}$$

so nehmen die Gleichungen (1) folgende Form an:

$$3) \begin{cases} \xi = \gamma \sin t \\ \eta = \sigma \cos \delta' - \gamma \sin \delta' \cos t \end{cases} \qquad \begin{cases} x = \dfrac{\cos \delta \sin A}{\sin \pi} \\ y = \dfrac{n \sin D}{\sin \pi}. \end{cases}$$

Zur Berechnung von n und p haben wir dabei aus (2) die Gleichungen:

$$4) \begin{cases} \operatorname{tg}(\delta' - p) = \operatorname{tg} \delta' \cos A \\ n = \dfrac{\cos \delta'}{\cos(\delta' - p)}\,; \end{cases}$$

da nun der Werth von A im Allgemeinen unter 1° liegen wird, so folgt dass p ein sehr kleiner Winkel und n sehr nahe 1, log n also sehr nahe null sein wird. Zugleich ergiebt sich ein genaues und ungemein bequemes Verfahren zu ihrer Berechnung aus der einfachen Ueberlegung, dass p und log n nichts weiter sind, als die Aenderungen, welche δ' und log cos δ' erfahren, wenn log tg δ' sich um log sec A ändert; man braucht also nur mit dem Werthe von log sec A (einigen Einheiten der letzten Stelle) in die Logarithmentafel beim Argumente δ' eingehen, um dort sofort aus den betreffenden Columnen p und log n zu entnehmen. Man wird zu dieser kleinen Nebenrechnung passend die siebenstellige Tafel benutzen, wenn man die übrige Rechnung mit sechs Stellen führt; dabei ist, wenn δ' positiv, p stets positiv und log n stets negativ zu nehmen.

Nimmt man nun den Mond, von localen Ungleichheiten abgesehen, als Kugel an (da er der Erde nahe immer dieselbe Seite zukehrt, so kommt es eigentlich nur darauf an, dass der zum Radiusvector senkrechte Querschnitt ein Kreis sei, was nach den Heliometermessungen — vgl. z. B. Astr. Nachr. Bd. 11, p. 411 — jedenfalls ungemein nahe der Fall ist), deren Radius = k sei, auch ausgedrückt in Aequatorhalbmessern der Erde, so ist offenbar, wenn alles richtig,

$$k^2 - \left((\xi - x)^2 + (\eta - y)^2\right) = 0.$$

In Wirklichkeit wird nun, weil nicht sämmtliche in die Rechnung eingehende Grössen genau bekannt sind, dieser Ausdruck nicht $=$ o, sondern gleich einer gewissen Zahl herauskommen, die E heisse. Als genau bekannt wollen wir hier die Coordinaten Θ, φ' und ϱ annehmen, als fehlerhaft dagegen α, δ, π und α', δ'; seien die entsprechenden wahren Werthe $\alpha + \triangle\alpha$, $\delta + \triangle\delta$, $\pi + \triangle\pi$, $\alpha' + \triangle\alpha'$ und $\delta' + \triangle\delta'$. Da $\triangle\alpha'$ und $\triangle\delta'$ ohne Zweifel sehr klein sind, so werden ξ und η, welche nur von α' und δ' abhängen und ausserdem den im Verhältniss zu $1/\sin\pi$ sehr kleinen Factor ϱ enthalten, als fehlerfrei angesehen werden können. Dagegen seien $x + \triangle x$, $y + \triangle y$ und $k + \triangle k$ die wahren Werthe von x, y und k. Dann folgt:

$$(k + \triangle k)^2 - \left\{\left((\xi - x) - \triangle x\right)^2 + \left((\eta - y) - \triangle y\right)^2\right\} = o,$$

oder, wenn man entwickelt und die Quadrate von $\triangle k$, $\triangle x$ und $\triangle y$ vernachlässigt:[1])

$$k^2 + 2k\triangle k - \left\{(\xi - x)^2 - 2(\xi - x)\triangle x + (\eta - y)^2 - 2(\eta - y)\triangle y\right\} = o,$$

oder, da wir (5) $k^2 - \left((\xi - x)^2 + (\eta - y)^2\right) = E$ gesetzt hatten:

$$6)\quad (\xi - x)\triangle x + (\eta - y)\triangle y + k\triangle k + \tfrac{1}{2}E = o.$$

---

[1]) Zu dieser Vernachlässigung ist man gezwungen, falls nicht die Bedingungsgleichungen quadratisch werden sollen, was für ihre Behandlung nach der Methode der kleinsten Quadrate misslich ist. Damit dieselbe aber keinen merklichen Fehler erzeuge, muss man die Rechnung mit so genäherten Werthen für den Radius und den Ort des Mondes führen, dass $\triangle k$, $\triangle x$ und $\triangle y$ hinreichend klein werden. Der Radius ist mit genügender Annäherung bekannt, nicht so der Mondort, indem z. B. die Ephemeride des Nautical Almanac (d. i. resp. die Tafeln von Burckhardt und Hansen) an den hier in Betracht kommenden Tagen, wie sich zeigen wird, in AR. Fehler bis zu 15″ aufweist. Ich habe daher bei jeder Bedeckung — mit alleiniger Ausnahme der von 1858, II, 20, wo der Mondort direct nach dem N. A. angenommen ist (nach der Ausgleichung um 8″ resp. 5″ fehlerhaft), — aus etwa acht passend gewählten Momenten zunächst auf ca. $\pm$ 1″ genäherte Werthe für $\triangle\alpha$ und $\triangle\delta$ berechnet, und dann erst, nachdem diese an die Ephemeride angebracht waren, die definitive Rechnung geführt. (Für 1858, VIII, 30 sind die Correctionen ausnahmsweise nach den Mondbeobachtungen in Greenwich angenommen.) Bei diesem Verfahren fallen die Glieder 2. Ordnung ohne Bedenken weg, und es entspringt noch der weitere Vortheil, dass man 1) bei der Aufstellung der Bedingungsgleichungen jeden gröberen Beobachtungs- oder Reductionsfehler sofort bemerken muss, und es 2) bei der Ausgleichung nur mit Werthen der Unbekannten, die fast überall unter 1″ liegen, zu thun hat.

Für $\triangle x$ und $\triangle y$ erhält man aber aus dem Taylor'schen Satze, wenn wieder die Glieder zweiter und höherer Ordnung vernachlässigt werden:

$$\triangle x = \frac{\cos\delta}{\sin\pi}\cos A\,(\triangle\alpha - \triangle\alpha') - \frac{\sin\delta}{\sin\pi}\sin A\,\triangle\delta - x\,\mathrm{ctg}\,\pi\triangle\pi$$

und

$$\triangle y = \frac{\cos\delta\sin\delta'}{\sin\pi}\sin A\,(\triangle\alpha - \triangle\alpha') + \frac{\cos\delta\cos\delta' + \sin\delta\sin\delta'\cos A}{\sin\pi}\,.\,\triangle\delta$$

$$- \frac{\cos\delta\cos\delta'\cos A + \sin\delta\sin\delta'}{\sin\pi}\,.\,\triangle\delta' - y\,\mathrm{ctg}\,\pi\,\triangle\pi.$$

Dies in (6) eingeführt giebt:

$$\left\{(\xi - x)\frac{\cos\delta}{\sin\pi}\cos A + (\eta - y)\frac{\cos\delta\sin\delta'}{\sin\pi}\sin A\right\}(\triangle\alpha - \triangle\alpha')$$

$$+ \left\{-(\xi - x)\frac{\sin\delta}{\sin\pi}\sin A + (\eta - y)\frac{\cos\delta\cos\delta' + \sin\delta\sin\delta'\cos A}{\sin\pi}\right\}.\,\triangle\delta$$

$$+ \left\{(\eta - y)\frac{\cos\delta\cos\delta'\cos A + \sin\delta\sin\delta'}{\sin\pi}\right\}.\,(-\triangle\delta')$$

$$+ \left\{-x\,(\xi - x)\,\mathrm{ctg}\,\pi - y\,(\eta - y)\,\mathrm{ctg}\,\pi\right\}\triangle\pi + k\triangle k + {}^1\!/_2 E = 0.$$

Hier sieht man, dass der Coefficient von $-\triangle\delta'$, weil A ein kleiner Winkel, sehr nahe gleich dem von $\triangle\delta$ ist, wie ja dies auch zu erwarten war. Wir wollen ihn direct gleich jenem setzen, um an Stelle der beiden Unbekannten $\triangle\delta$ und $\triangle\delta'$, die wegen der fast vollständigen Gleichheit der Coefficienten doch nicht von einander zu trennen wären, die Unbekannte $(\triangle\delta - \triangle\delta')$ einführen zu können.[1]) Die Gleichung lässt sich dann schreiben:

---

[1]) Will man durchweg $\cos A$, n und $\cos D = 1$ und $\sin A = 0$ setzen, so nimmt die Gleichung folgende einfache Gestalt an:

$$\frac{\xi - x}{\sin\pi}\cos\delta\,(\triangle\alpha - \triangle\alpha') + \frac{\eta - y}{\sin\pi}(\triangle\delta - \triangle\delta') - \left(x(\xi - x) + y(\eta - y)\right)\mathrm{ctg}\,\pi\triangle\pi + k\triangle k + {}^1\!/_2 E = 0.$$

Der hierdurch begangene Fehler hat auch wirklich, wenn die in der vorhergehenden Anmerkung erwähnte Vorsicht beachtet wird, keinen Einfluss. Da sich aber die wegfallenden Glieder ohne alle Mühe berechnen lassen, indem sämmtliche zu ihrer Bildung nöthigen Grössen schon dastehen, so habe ich sie in der Rechnung mitgenommen, um nicht unnöthigerweise etwas an Genauigkeit zu opfern.

$$\left\{(\xi-x)\frac{\cos\delta}{\sin\pi}\cos A+(\eta-y)\frac{\cos\delta\sin\delta'}{\sin\pi}\sin A\right\}(\triangle\alpha-\triangle\alpha')$$

$$7)\quad+\left\{-(\xi-x)\frac{\sin\delta}{\sin\pi}\sin A+(\eta-y)\frac{n\cos D}{\sin\pi}\right\}(\triangle\delta-\triangle\delta')$$

$$+\left\{-x(\xi-x)\operatorname{ctg}\pi-y(\eta-y)\operatorname{ctg}\pi\right\}\triangle\pi+k\triangle k+\tfrac{1}{2}E=o.$$

Für $\triangle k$ wollen wir hier noch — nur zur bequemeren Rechnung — eine andere Unbekannte $\triangle r$ substituiren, indem wir setzen: $\triangle k=\triangle r\,.\,{}^1/\sin\pi_0$, wo π_0 ein beliebiger fester Werth der Parallaxe ist; nimmt man z. B. π_0 gleich der sogenannten „mittleren Parallaxe" an, wie wir dies bei der Ausführung thun werden, so bedeutet $\triangle r$ die Verbesserung des Winkels r, unter welchem der Mondradius vom Erdcentrum in „mittlerer Entfernung" gesehen wird (ganz streng wäre $\triangle k=\frac{\cos r}{\sin\pi_0}\triangle r$ zu setzen, r ist aber nur $=15'.5$). Verstehe ich jetzt $(\triangle\alpha-\triangle\alpha')$, $(\triangle\delta-\triangle\delta')$, $\triangle\pi$ und $\triangle r$ in Bogensecunden, so muss ich das letzte Glied in (7) mit 206264,8 multipliciren. Führe ich noch zur Abkürzung folgende Bezeichnungen ein:

$$8)\quad s=\tfrac{1}{2}\,206264{,}8\,\frac{\sin\pi_0}{k},\ \varkappa=\frac{\sin\pi_0}{k\sin\pi},\ \begin{cases}k_1=(\xi-x)\,\varkappa\\ k_2=(\eta-y)\,\varkappa\end{cases}$$

und multiplicire die ganze Gleichung, damit der Coefficient von $\triangle r$ gleich 1 werde, mit $\frac{\sin\pi_0}{k}$ — einem constanten Factor für alle Bedeckungen —, so lautet die Gleichung (7):

$$\left(k_1\frac{\cos\delta}{\sec A}+k_2\cos\delta\sin\delta'\sin A\right)(\triangle\alpha-\triangle\alpha')$$

$$9)\quad+\left(k_1\,.-\sin\delta\sin A+k_2\frac{n}{\sec D}\right)(\triangle\delta-\triangle\delta')$$

$$+\left(k_1\frac{-x}{\sec\pi}+k_2\frac{-y}{\sec\pi}\right)\triangle\pi+\triangle r+sE=o,$$

eine Formel, deren strenge Berechnung sich noch unter Berücksichtigung des Umstandes, dass A, D und π fast immer unter 1° liegen, sehr bequem gestalten lässt, was sich aber ein jeder am besten nach seiner eigenen Gewohnheit zurechtlegen wird.

— Die Correctionen $\triangle\alpha$ und $\triangle\delta$ oben rühren der Strenge nach zum Theil her von den Fehlern der benutzten Mondephemeride, zum Theil aber auch von dem Fehler in der mittleren Zeit des ersten Meridians (für welchen die Eph. gilt, also für den N. A. des von Greenwich), die bei der Interpolation des Mondortes angewandt ist. Letzterer Fehler ist selbst wieder doppelten Ursprunges, indem sowohl die vom Beobachter angegebene Zeit des Ein- oder Austrittes nicht genau richtig, als auch die bei der Reduction derselben auf Greenwicher Zeit benutzte Länge des Beobachtungsortes nicht vollkommen scharf bekannt sein wird. Seien $\triangle\tau$ und $\triangle l$ die Correctionen, welche an die mittlere Zeit des Ortes und an seine Länge von Greenwich (westliche Längen positiv gezählt) anzubringen sind, so ist der Fehler der Greenw. mittl. Zeit: $\triangle t = \triangle\tau + \triangle l$. Bezeichnen wir jetzt mit m und n die Aenderungen der AR. und Decl. des Mondes in 1^s m. Z., verstanden in Bogensecunden und geltend für die Zeit der Beobachtung, und sind $d\alpha$ und $d\delta$ die Fehler der benutzten Ephemeride, so wird, wenn $\triangle t$ in Zeitsecunden verstanden ist: $\triangle\alpha = d\alpha + m\triangle t$ und $\triangle\delta = d\delta + n\triangle t$. Auch $\triangle\pi$ würde streng genommen aus zwei solchen Gliedern bestehen, das zweite fällt aber wegen der Kleinheit des Coefficienten von $\triangle t$ weg.

Will man also den Fehler $\triangle t$ berücksichtigen — was in dieser Arbeit nicht geschehen soll — so ist der linken Seite der Gleichung (9) oben, wenn a und b die dort stehenden Coefficienten von $(\triangle\alpha - \triangle\alpha')$ und $(\triangle\delta - \triangle\delta')$ sind, noch das Glied $(ma + nb)\triangle t$ hinzuzufügen; wir werden gelegentlich noch einmal hierauf zurückkommen.

Die Entwickelung der Coefficienten von noch weiteren Fehlern, wie denen der Polhöhe, Abplattung etc., ist bei dieser Methode ebenfalls unschwer zu geben, aber hier unnöthig, da in vorliegender Arbeit doch kein Gebrauch davon gemacht werden könnte.

Die Coordinaten der Beobachtungsorte.

Es liegt, wie bereits oben erwähnt worden ist, in unserem Plane, auf die Ermittelung der geographischen Längen ganz zu verzichten, und nur Beobachtungen von solchen Orten zu benutzen, deren Längendifferenzen bereits hinreichend sicher bekannt sind. Ist dies schon, um eine Vermehrung der Unbekannten zu vermeiden, geboten, so ist es auch, da man jetzt namentlich in der elektrischen Methode ein den Plejadenbedeckungen gegenüber so ungleich ergiebigeres und genaueres Mittel zur Längenbestimmung besitzt, durchaus gerechtfertigt. Nothwendigerweise musste aber dann bei der Annahme der Werthe für die Längenunterschiede mit einiger Sorgfalt verfahren werden, und bin ich bei dem Beginn dieser Arbeit bemüht gewesen, die damals (Ende 1877) neuesten und sichersten Daten für die einzelnen Orte in den mir zugänglichen Werken aufzufinden, worüber die beifolgende Tabelle den Nachweis liefert. Von besonderer Wichtigkeit für die mitteleuropäischen Längen war dabei der Aufsatz von Th. Albrecht in Nr. 2132 der Astr. Nachrichten; die jüngste in Nr. 2265 veröffentlichte Ausgleichung desselben Verfassers, welche namentlich einen sehr sicheren Anschluss des continentalen Netzes an Greenwich enthält, konnte dagegen leider nicht mehr benutzt werden, da bei ihrem Erscheinen die Rechnung schon vollständig abgeschlossen war. Die Unterschiede zwischen den von uns benutzten und den als definitiv zu betrachtenden Albrecht'schen Werthen möchten übrigens hier kaum von Belang sein.

Name des Ortes.	Länge von Greenwich + westl., — östl. h m s	Geographische Breite ° ′ ″	Quellen für die Längen.
Altona	— 0 39 46.15	+ 53 32 45.3	Struve: Expéd. chron. 1844, p. 206.
Ashurst (Snow's Obs.)	+ 0 1 10.1	51 15 58.0	Mem. of R. Astr. Soc. Vol. XI p. 288, ibid. Breite.
Berlin	— 0 53 34.8	52 30 16.7	A. N. 2132, Mittel d. Best. über Bonn u. Paris (¹).
Bilk	— 0 27 4.8	51 12 25.0	A. N. Bd. 27 p. 300.
Bonn	— 0 28 23.2	50 43 45.0	G. B. 1871 p. 47.
Breslau	— 1 8 8.9	51 6 56.5	G. B. 1871 p. 47.
Brüssel	— 0 17 28.9	50 51 10.7	Mem. of R. Astr. Soc. Vol. XXIV p. 26.
Cambridge (Mass.) .	+ 4 44 31.0	42 22 48.0	Coast Survey Report for 1874 App. IV.
Christiania	— 0 42 54.2	59 54 43.7	B. J. 1879 (vgl. a. A. N. Bd. 32 p. 301 u. Bd. 55 p. 90.)
Danzig (Frauenthor)	— 1 14 38.3	54 21 2.0	A. N. Bd. 54 p. 225, ibid. Breite.
Dorpat	— 1 46 53.6	58 22 47.1	O. Struve: Chron. Exp. zwischen D. u. Pulkowa.
Edinburg	+ 0 12 43.05	55 57 23.2	Introd. to Vol. XIII of Ed. Astr. Obs.
Göttingen	— 0 39 46.2	51 31 47.9	A. N. 2132, von Berlin.
Greenwich	0 0 0.0	51 28 38.0	
„ Hosp. . .	+ 0 0 0.53	51 28 49.0	Mem. of R. Astr. Soc. Vol. XI p. 289, ibid. Breite.
Hamburg	— 0 39 53.9	53 33 7.0	Vorwort zu Rümker's Catalog.
Kiel	— 0 40 35.6	54 20 29.7	Peters: Best. d. Längendiff. zw. K. u. Altona.
Königsberg	— 1 21 59.0	54 42 50.6	G. B. 1866 p. 80.
Krakau	— 1 19 50.5	50 3 50.0	B. J. 1879 (vgl. a. Astr Jour. III 19, u. Weisse: „Sternb. u. Mondst." Kr. 1855).
Kremsmünster	— 0 56 32.6	48 3 23.7	A. N. Bd. 37 p. 269.
Leiden alte Sternw.	— 0 17 56.85	52 9 27.4	A. N. Bd. 60 p. 284, ibid. Breite.
„ neue Sternw.	— 0 17 56.2	52 9 20.3	A. N. 2132, von Berlin.
Leipzig	— 0 49 33.9	51 20 6.3	A. N. 2132, von Berlin.
Madras	— 5 20 59.6	13 4 8.1	Monthly Not. Bd. 38 p. 2.
Nikolajew	— 2 7 54.2	46 58 20.6	O. Struve: Expéd. chron., von Moskau (²).
Petersburg	— 2 1 13.5	59 56 29.7	W. Struve: Description de l'obs. de Poulk.
Prag	— 0 57 41.3	50 5 18.5	B. J. 1879 (vgl. a. Astr. Jour. Vol. III p. 19).
Pulkowa	— 2 1 18.7	59 46 18.7	W. Struve: Description de l'obs. de Poulk.
Strassburg prov. Sternw.	— 0 31 2.4	48 34 55.0	A. N. 2132, von Berlin.
Utrecht	— 0 20 31.6	52 5 10.5	A. N. Bd. 54 p. 132, von Paris.
Wien alte Sternw. .	— 1 5 31.7	48 12 35.5	A. N. 2132, von Berlin.
Wilna	— 1 41 11.9	54 41 0.0	B. J. 1879 (vgl. a. Astr. Jour. Vol. III p. 19).
Wolverhampton Wrottesley Obs. . . .	+ 0 8 53.6	52 37 2.3	Astr. Jour. Vol. VI p. 63, ibid. Breite.

Abkürzungen: A. N. = Astr. Nachrichten, B. J. = Berl. Jahrbuch, G. B. = Generalbericht der eur. Gradmessung. Anm. (¹) Paris-Greenwich ist nach Coast Surv. Rep. 1874 App. IV zu $9^m\ 20^s.97$ angenommen, (²) Moskau-Greenwich nach Struve: Chron. Exp. und G. B. 1875 p. 230 im Mittel zu $2^h\ 30^m\ 17^s.00$.

Was weiter die geographischen Breiten anlangt, so konnten diese ohne Bedenken dem Berliner astr. Jahrbuche (für 1879) entnommen werden; für die wenigen Orte, welche sich dort nicht fanden, sind die für die Polhöhen benutzten Quellen in der umstehenden Tabelle mit angegeben. Desgleichen sind der Radiusvector und die geocentrische Breite, wie im Berliner Jahrbuch, nach Bessel's Erddimensionen angenommen. An den Radius war dann noch die — in einigen Fällen nicht unbedeutende — Correction wegen der Erhebung des Beobachtungsortes über dem mittleren Spiegel des Meeres anzubringen. Die zu ihrer Berechnung erforderlichen Seehöhen lieferte mit ausreichender Sicherheit für die meisten Orte das Verzeichniss derselben für alle europäischen meteorologischen Stationen in der Zeitschrift für Meteorologie von Hann, Bd. XII, Nr. 21 und 22. Mit dem so corrigirten Radius sind dann die Coordinaten $\gamma = \rho \cos \varphi'$ und $\sigma = \rho \sin \varphi'$ berechnet worden. — In entsprechender Weise hätte der Strenge nach auch der Standort des zur Beobachtung benutzten Fernrohres und der des zur Zeitbestimmung verwandten Instrumentes berücksichtigt werden sollen, wozu jedoch in den wenigsten Fällen die nöthigen Daten vorhanden waren.

Es ist hier der Ort, noch des Einflusses zu gedenken, welchen die Atmosphäre der Erde auf die Beobachtung von Sternbedeckungen äussert. Derselbe wirkt bekanntlich wie eine senkrechte Erhebung des Beobachters, und ist demnach, ebenso wie die Seehöhe, sehr einfach durch eine an den Logarithmus der Entfernung vom Erdcentrum anzubringende Correction zu berücksichtigen. Der Betrag der letzteren ist meistens sehr gering, kann aber doch bei tief am Horizont angestellten Beobachtungen beträchtlich werden, und ist dann keineswegs zu vernachlässigen; bei den in vorliegender Arbeit reducirten Bedeckungen erreicht er in maximo 13 Einheiten der 6. Stelle, bei einer Beobachtung (1839, III, 19 Dorpat, Austritt von 27 f), welche aber als verfehlt weggelassen werden musste, sogar 22. Zu der Berücksichtigung dieser Correction habe ich mich der nachfolgenden kleinen, auf den Angaben in Bessel's Analyse der Finsternisse pag. 240 beruhenden, Tabelle bedient, welche zwar nur für den mittleren Zustand der Atmosphäre und die Declination der Alcyone für 1840,0: $+ 23^{\circ} 36'$ berechnet ist, aber allgemein bei Plejadenbedeckungen benutzt werden kann. Dieselbe giebt mit dem Argumente t = Stundenwinkel und φ = geographische Breite die an $\log \varrho$ anzubringende Verbesserung in Einheiten der 6. Decimale.

t (h m)	φ 30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	t
4 0	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0	60°
20	0	0	0	0	0	0	0	65
40	1	1	1	1	1	1	1	70
5 0	1	1	1	1	1	1	1	75
20	1	1	1	1	1	1	1	80
40	2	2	1	1	1	1	1	85
6 0	4	3	2	2	2	1	1	90
20	8	5	4	3	2	2	2	95
40	23	12	7	5	3	3	2	100
7 0		41	18	10	6	4	3	105
20			65	23	11	6	4	110
40				81	25	11	6	115
8 0	Unter dem Horizont.				74	22	9	120
20						48	15	125
40							28	130
9 0							56	135

Endlich muss hier noch auf eine bisher stillschweigend gemachte Voraussetzung hingewiesen werden. Bei der Berechnung der Coordinaten der Beobachtungsorte ist nämlich angenommen worden, dass sich die Zeiten und Polhöhen, wie sie aus astronomischen Bestimmungen folgen, auf die Normalen der mittleren sphäroidischen Gestalt der Erde bezögen, während sie sich in Wahrheit auf die Lothlinien beziehen. Bekanntlich fallen diese beiden Richtungen aber, wie aus den geodätischen Messungen hervorgeht, nicht zusammen; oder mit anderen Worten, das scheinbare — durch das Niveau des astronomischen Instrumentes angegebene — Zenith eines Ortes weicht von dem wahren — ihm vermöge der angenommenen sphäroidischen Figur der Erde zukommenden — sowohl in AR., als in Decl. ab. Diese Abweichungen, welche als durch die localen Unregelmässigkeiten der Gestalt und Dichtigkeit der Erde hervorgerufen angesehen werden, sind indess im Allgemeinen als gering zu veranschlagen (wenigstens bei den hier vorkommenden Orten; anders verhielte es sich, wenn z. B. Beobachtungen von den oberitalienischen Sternwarten vorgelegen hätten) und können hier, auch wenn sie wirklich durchweg bekannt wären, als Grössen 2. Ordnung vernachlässigt werden, zumal die Reduction

der Ortszeiten auf die Zeit eines ersten Meridians von ihnen offenbar nicht beeinflusst wird, da die Werthe für die Längenunterschiede sämmtlich — mit Ausnahme allein von Utrecht und vielleicht auch Wolverhampton — ebenfalls auf astronomischen Bestimmungen beruhen.

Auf die neueren Untersuchungen über die Gestalt der Erde resp. deren Abweichungen von einer rein sphäroidischen Form konnte, da dieselben bislang noch zu keinem sicheren Ergebniss geführt haben, nicht eingegangen werden, und schien es gerathener zu sein, das alte Bessel'sche Sphäroid beizubehalten. Immerhin mag aber beachtet werden, dass die Benutzung desselben Werthes der Horizontalaequatorealparallaxe des Mondes für verschiedene Erdtheile (Amerika, Europa, Asien) nicht ganz einwurfsfrei ist.

Die Coordinaten des Mondes.

In der Rechnung ist durchgehends die Mondephemeride des Nautical Almanac benutzt worden, nachdem jedoch zuvor (vgl. o. die Anm. p. 308) an die Angaben der AR. und Decl. nachstehende, für die einzelnen Durchgänge constante Correctionen angebracht waren:

	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$
1839 März 19,	— 9.60	— 7.10
1841 August 10,	— 6.50	— 3.50
1857 October 6,	— 15.00	— 7.50
1857 November 30,	— 12.70	— 7.00
1858 Februar 20,	0.00	0.00
1858 August 30,	— 13.35	— 8.78
1859 April 6,	— 4.00	— 2.00
1860 September 6,	— 9.00	0.00
1876 October 6,	— 12.00	— 4.00

Die so verbesserten Werthe sind dann für die Tage und Stunden der neun Bedeckungen folgende:

Mittl. Zeit Greenwich			h	geoc. AR. °	′	″	geoc. Decl. °	′	″	Parallaxe. ′	″
1839	März	19	8	54	5	6.45	+ 24	12	13.80	59	41.28
			9	54	42	59.85	24	22	2.30		39.36
			10	55	20	56.55	24	31	40.80		37.44
1841	August	10	11	53	15	2.95	24	21	38.60	58	16.92
			12	53	51	47.05	24	28	48.50		19.00
			13	54	28	38.20	24	35	50.00		21.07
			14	55	5	35.95	24	42	43.10		23.14
1857	October	6	7	53	53	54.60	24	1	18.50	60	26.98
			8	54	32	46.50	24	11	32.30		26.08
			9	55	11	43.35	24	21	35.80		25.15
1857	November	30	4	53	43	2.75	23	53	9.60	61	25.97
			5	54	23	19.40	24	3	34.60		26.43
			6	55	3	43.25	24	13	49.20		26.85
1858	Februar	20	5	53	56	19.05	24	24	28.60	59	9.10
			6	54	33	41.55	24	33	47.30		9.54
			7	55	11	10.20	24	42	56.90		9.97
1858	August	30	13	53	10	6.90	24	28	43.12	58	46.82
			14	53	47	9.00	24	37	37.82		47.83
			15	54	24	17.40	24	46	23.72		48.84
1859	April	6	6	54	20	54.50	24	41	33.30	58	17.53
			7	54	57	46.55	24	49	30.80		18.49
			8	55	34	44.45	24	57	19.40		19.45
1860	September	6	11	53	32	49.65	24	0	47.70	55	24.45
			12	54	6	1.50	24	6	53.10		26.00
			13	54	39	18.30	24	12	51.60		27.57
			14	55	12	40.05	24	18	43.20		29.15
1876	October	6	9	53	42	4.80	24	14	42.70	58	40.89
			10	54	18	56.40	24	24	3.50		41.67
			11	54	55	54.15	24	33	15.60		42.44
			12	55	32	58.05	24	42	18.80		43.20

Die weitere Interpolation für die einzelnen Beobachtungsmomente ist mittels Hülfstafeln geschehen, deren Hersetzung hier zu viel Raum fordern würde.

Von 1839 bis 1861 beruht die Ephemeride des Naut. Al. in AR. und Decl. auf den Tafeln von Burckhardt, in der Parallaxe auf denen von Adams (vgl. N. A. 1856 und 1867); für 1876 auf Hansen's Tafeln. In Betreff der Parallaxe muss dabei beachtet werden, dass Hansen den Winkel selbst, Adams dagegen den Sinus desselben in Bogenmaass giebt.

Für den Radius des Mondes in Erdhalbmessern habe ich den alten Werth $k = 0.272500$ angenommen, da die von Breen und Neison berechneten Occultationen denselben sehr nahe zu bestätigen schienen; Oudemans findet aus Heliometermessungen $k = 0.272580$, und aus Sternbedeckungen $k = 272697$, welches letztere Resultat aber nicht besonders sicher ist (vgl. Monthly Notices Vol. 26, pag. 249, auch Astr. Nachr. Bd. 51, pag. 26). Die mittlere Parallaxe π_0 ist nach Adams gleich 57′2.″482[1]) gesetzt worden, oder der Sinus derselben in Bogensecunden $\Pi_0 = 3422,''325$. Der scheinbare Mondradius r in mittlerer Entfernung folgt hieraus, nach der Formel $\sin r = k \sin \pi_0$, zu 15′32.″587, auf diesen Werth bezieht sich also die in den Bedingungsgleichungen auftretende Unbekannte $\triangle r$. Wenn man die mittlere Parallaxe nicht für genügend sicher hält, mag man sich mit der Verbesserung für k begnügen: $\triangle k = 0,0002922 \triangle r$. — Weitere in der Rechnung auftretende Constanten sind noch: $k^2 = 0.074256$, $\log k = 9.435366$, $\log \Pi_0 = 3.534321$, $\log \Pi_0/k = 4.098955$, $\log \Pi_0/2k = \log s = 3.797925$.

Die Refraction der Erdatmosphäre äussert hier, ausser dem schon berücksichtigten, keinen Einfluss. Die der Mondatmosphäre, wenn eine solche vorhanden, bewirkt eine im Allgemeinen für sämmtliche Ein- und Austritte von Sternen constante Verkleinerung des Radius; ihre Existenz resp. ihr Betrag ist noch nicht festgestellt, und kann dies nur werden durch die Vergleichung von sicheren aus Sternbedeckungen und aus Heliometermessungen für den Mondradius abgeleiteten Werthen. — Die Aberration beeinflusst direct den Mondhalbmesser nicht. — Die Libration würde, wenn der Mondkörper nach der Erde hin bedeutend verlängert wäre, — was aber nach den bisherigen

---

[1]) Fast übereinstimmend mit diesem Werthe finde ich die von Hansen in seinen „Tables de la Lune" angewandte Constante der Parallaxe $\pi_0 = 57'2.''274$; dieselbe darf nicht mit der Constante des Log. Sin. Parallaxe verwechselt werden (vgl. Astr. Nachr. Bd. 17, pag. 299).

Beobachtungen nicht der Fall ist, — eine Aenderung im scheinbaren Durchmesser hervorrufen; nur dadurch vielleicht, dass sie bisweilen besonders starke Anomalien der Mondoberfläche in die Randgegend bringen kann, möchte ihr Einfluss merklich werden können, doch ist auch dieses bei Vertheilung der Momente über den ganzen Rand nicht sehr zu befürchten.

Die Coordinaten der Sterne.

Die Frage, welche Positionen für die bedeckten Sterne zu benutzen seien, beantwortete sich sehr leicht durch die Ueberlegung, dass es sich hier in erster Linie um die richtige Annahme ihrer relativen Oerter handle. Es konnte nur das von Bessel für 53 Plejadensterne gegebene und — mit Ausnahme des absoluten Ortes der Alcyone — allein auf Messungen am Königsberger Heliometer gegründete Verzeichniss benutzt werden (s. Bessel's Astr. Untersuchungen Bd. I, pag. 209 flg.). Freilich musste dann auf die beobachteten Bedeckungen der in diesem nicht enthaltenen zur Gruppe gehörigen Sterne verzichtet werden; die Zahl solcher Beobachtungen ist aber nur gering, auch konnte der mit am häufigsten beobachtete Stern: B D 24° 563 $8,^m4$ noch mitgenommen werden, da derselbe von A. Winnecke mit dem Bonner Heliometer gelegentlich angeschlossen ist (s. o. pag. 281).

Die aus neuerer Zeit vorliegenden zwei Vermessungen der Plejadengruppe, von Ferguson in Washington und von Wolf in Paris, zeichnen sich zwar durch die grosse Anzahl der bestimmten Sterne aus, sind aber mittels Fadenmikrometer angestellt, und können, bei den hier zu messenden Winkeln, schon deshalb nicht mit der Bessel'schen concurriren. Es ist zu bedauern, dass nicht wenigstens Einer dieser Beobachter ein Heliometer hat anwenden können, um so mehr, als eine Wiederholung der Arbeit von Bessel, nachdem nun bereits 40 Jahre seit ihrer Vollendung vergangen sind, und man inzwischen sowohl in der Construction als in dem Gebrauch des Heliometers nicht unwesentliche Fortschritte gemacht hat, sehr zeitgemäss wäre, besonders um etwaige innere Bewegungen der Gruppe festzustellen, und Sterne, die nur

optisch zu ihr gehören, zu erkennen. Besitzer grosser Heliometer Repsold-scher Construction fänden meiner unmaassgeblichen Ansicht nach hier eine dankbarere Aufgabe, als z. B. in der Messung enger Doppelsterne; mit einem solchen Instrumente liessen sich bequem sämmtliche Sterne bis zur Distanz (η, 18 m) direct an die Alcyone anschliessen, und man könnte die Arbeit zur Vervollständigung auf alle in diesem Raume befindlichen, heller als $9,^m5$ geschätzten Sterne ausdehnen.

Als jährliche Eigenbewegung ist für alle 54 Sterne das Mittel der von Herrn Professor Auwers für die 15 Bradley'schen Plejadensterne gefundenen Werthe, deren Kenntniss ich einer Privatmittheilung verdanke, angenommen worden: in AR. = $-0.''0048$, in Decl. = $-0.''0445$ (die für η abgeleiteten Werthe $-0.''006$ resp. $-0.''040$ sind dabei mit dem vierfachen Gewicht zum Mittel hinzugezogen): sie ist, wie man sieht, nur in Decl. von Belang. Zu verbinden war dieselbe mit der Struve'schen Praecession, weshalb letztere bei der Uebertragung auf den mittleren Ort angewandt worden ist.

Die Constanten zur Reduction der mittleren Oerter auf scheinbare sind dem Naut. Almanac mit Hinzunahme der dort angegebenen 2☾ Glieder (welcher Umstand bei einer Vergleichung der gewonnenen Mondörter mit den Tafeln zu berücksichtigen ist) entlehnt, und zwar je für die Mitte des Durchganges, was, da die Dauer einer Plejadenbedeckung nur ca. 3 Stunden beträgt, genügend schien. Schärfer wäre es gewesen, diese Reductionen streng mittelst der von O. Struve herausgegebenen „Tabulae quantitatum Besselianarum" zu berechnen: für den Radius kann aber hieraus kein Fehler entstehen, sondern nur für die abgeleiteten Mondörter. Sollen letztere benutzt werden, so werden sich die etwaigen kleinen, für die ganze Gruppe constanten, Correctionen unschwer berechnen lassen, ebenso wie noch andere aus einer Aenderung im absoluten Ort der Alcyone, der EB. etc. hervorgehende. Um dies zu erleichtern, habe ich für jeden Durchgang den mittleren und scheinbaren Ort der Alcyone unten mit angegeben, obgleich dieselbe nur bei dem I., II., VIII. und IX. bedeckt worden ist. Ein wenig weitläufiger ist die Umrechnung, wenn man die relativen Oerter der einzelnen Sterne anders annehmen will, da sich dann in jeder Bedingungsgleichung das constante Glied ändert. In Rücksicht hierauf schien es aber nicht überflüssig, die benutzten Sternpositionen ausführlich anzugeben, und folgen dieselben jetzt geordnet nach den Tagen.

1839 März 19.4 (m. Z. Gr.)

Stern	A. R. med. 1839.0 °	′	″	A. R. app. ′	″	Decl. med. 1839.0 °	′	″	Decl. app. ′	″
16g	53	48	40.44	48	39.06	+ 23	46	37.78	46	47.16
17b		49	54.45	49	53.10	23	36	4.45	36	13.77
19e		54	33.20	54	31.83	23	57	22.35	57	31.79
An 1		58	21.39	58	20.10	23	31	30.55	31	39.87
An 3	54	0	37.66	0	36.38	23	34	24.91	34	34.25
An 4		0	59.42	0	58.11	23	49	33.49	49	42.90
20c		3	53.06	3	51.76	23	51	31.40	51	40.83
An 7		4	42.01	4	40.76	23	31	48.69	31	58.02
An 8		10	3.78	10	2.54	23	41	14.65	41	24.03
An 9		10	38.04	10	36.81	23	40	56.22	41	5.61
23d		11	44.16	11	42.97	23	26	27.54	26	36.86
An 10		13	22.60	13	21.38	23	44	52.67	45	2.08
An 11		16	31.53	16	30.34	23	35	48.94	35	58.31
An 12		21	7.81	21	6.60	24	0	53.06	1	2.57
An 13		22	48.49	22	47.36	23	29	25.49	29	34.84
An 15		25	45.93	25	44.80	23	37	25.87	37	35.26
An 18		26	26.84	26	25.71	23	38	5.36	38	14.76
24p		26	53.06	26	51.94	23	36	43.50	36	52.89
An 22		27	54.43	27	53.34	23	24	38.52	24	47.85
An 24		28	49.25	28	48.12	23	47	4.88	47	14.33
η		28	53.52	28	52.41	23	36	5.30	36	14.69
An 27		39	45.84	39	44.77	23	49	1.09	49	10.57
An 29		43	51.73	43	50.69	23	50	41.83	50	51.32
27f		54	0.45	53	59.51	23	33	18.92	33	28.34
28h		54	17.57	54	16.62	23	38	19.12	38	28.57
An 31		55	26.98	55	26.00	23	53	53.22	54	2.75
An 32		56	41.77	56	40.80	23	53	0.05	53	9.58
An 33		57	52.34	57	51.30	23	45	0.89	45	10.38
An 37	55	5	24.29	5	23.38	23	51	11.08	51	20.61
An 39		13	4.59	13	3.71	24	0	2.24	0	11.83

1841 August 10.5

	A. R. med. 1841.0 °	′	″	app. ′	″	Decl. med. 1841.0 °	′	″	app. ′	″
16g	53	50	26.85	51	9.75	+ 23	47	1.37	47	14.34
17b		51	40.74	52	23.59	23	36	28.03	36	41.06
An 1	54	0	7.65	0	50.45	23	31	54.05	32	7.09
An 4		2	45.90	3	28.76	23	49	56.96	50	9.88
20c		5	39.57	6	22.42	23	51	54.84	52	7.74
An 7		6	28.30	7	11.08	23	32	12.13	32	25.14
An 8		11	50.19	12	32.98	23	41	38.04	41	50.98
An 9		12	24.45	13	7.23	23	41	19.60	41	32.54
23d		13	30.41	14	13.14	23	26	50.91	27	3.94
An 10		15	9.06	15	51.85	23	45	16.02	45	28.93
An 12		22	54.47	23	37.28	24	1	16.34	1	29.13
An 15		27	32.35	28	15.06	23	37	49.11	38	2.03
An 18		28	13.26	28	55.97	23	38	28.59	38	41.50
24p		28	39.47	29	22.17	23	37	6.73	37	19.65
An 24		30	35.79	31	18.52	23	47	28.09	47	40.95
η		30	39.93	31	22.62	23	36	28.51	36	41.43
An 27		41	32.44	42	15.13	23	49	24.19	49	37.00
An 29		45	38.35	46	21.03	23	51	4.89	51	17.68
28h		56	4.08	56	46.68	23	38	42.08	38	54.91
An 31		57	13.67	57	56.31	23	54	16.17	54	28.90
An 32		58	28.45	59	11.08	23	53	22.99	53	35.73
An 33		59	38.84	0	21.44	23	45	23.82	45	36.60
An 37	55	7	10.98	7	53.57	23	51	33.94	51	46.66
An 39		14	51.41	15	34.00	24	0	25.02	0	37.67

1857 October 6.3

	A. R. med. 1857.0 °	′	″	app. ′	″	Decl. med. 1857.0 °	′	″	app. ′	″
16g	54	4	38.50	5	33.10	+ 23	50	9.47	50	28.68
17b		5	51.46	6	46.01	23	39	36.02	39	55.28
19e		10	32.50	11	27.14	24	0	53.53	1	12.68
20c		19	52.02	20	46.61	23	55	1.78	55	20.92
23d		27	40.80	28	35.27	23	29	57.26	30	16.47
An 19		43	4.91	43	59.32	23	21	25.90	21	45.09
An 23		44	38.81	45	33.18	23	13	56.80	14	16.02
η		44	51.60	45	46.08	23	39	33.57	39	52.68

	A. R. med. 1857.0			app.		Decl. med. 1857.0			app.	
	°	′	″	′	″	°	′	″	′	″
An 25	54	47	7.37	48	1.72	+ 23	9	52.06	10	11.28
26 s	55	6	52.28	7	46.66	23	24	58.40	25	17.49
27 f		9	58.91	10	53.34	23	36	45.03	37	4.05
28 h		10	16.55	11	11.00	23	41	45.20	42	4.20
An 30		10	43.52	11	37.90	23	26	46.05	27	5.11
An 33		13	52.00	14	46.47	23	48	26.65	48	45.61
An 34		18	40.19	19	34.51	23	16	21.59	16	40.66
An 38		22	11.04	23	5.39	23	24	36.47	24	55.50

1857 November 30.2

	A. R. med. 1857.0			app.		Decl. med. 1857.0			app.	
	°	′	″	′	″	°	′	″	′	″
19 e	54	10	32.50	11	41.37	+ 24	0	53.53	1	16.44
20 c		19	52.02	21	0.89	23	55	1.78	55	24.64
21 k		20	55.80	22	4.74	24	6	14.98	6	37.85
22 l		23	3.06	24	12.00	24	4	40.38	5	3.24
23 d		27	40.80	28	49.55	23	29	57.26	30	20.05
An 19		43	4.91	44	13.66	23	21	25.90	21	48.60
An 22		43	51.31	45	0.11	28	28	6.85	28	29.55
η		44	51.60	46	0.47	23	39	33.57	39	56.28
An 25		47	7.37	48	16.06	23	9	52.06	10	14.73
26 s	55	6	52.28	8	1.09	23	24	58.40	25	20.98
27 f		9	58.91	11	7.87	23	36	45.03	37	7.60
28 h		10	16.55	11	25.54	23	41	45.20	42	7.78
An 34		18	40.19	19	49.05	23	16	21.59	16	44.10
An 38		22	11.04	23	19.96	23	24	36.47	24	58.97
An 40		35	37.32	36	46.35	23	31	31.45	31	53.88

1858 Februar 20.2

	A. R. med. 1858.0			app.		Decl. med. 1858.0			app.	
	°	′	″	′	″	°	′	″	′	″
16 g	54	5	31.76	5	39.15	+ 23	50	21.19	50	32.41
17 b		6	44.65	6	52.06	23	39	47.74	39	58.90
19 e		11	25.83	11	33.25	24	1	5.22	1	16.51
An 2		16	54.76	17	2.23	24	0	55.73	1	7.02
An 4		17	51.39	17	58.87	23	53	15.79	53	27.04

	A. R. med. 1858.0			A. R. app.		Decl. med. 1858.0			Decl. app.	
	°	′	″	′	″	°	′	″	′	″
An 6	54	18	47.49	18	54.98	+ 23	50	27.77	50	39.00
20 c		20	45.31	20	52.81	23	55	13.43	55	24.69
21 k		21	49.18	21	56.68	24	6	26.62	6	37.95
22 l		23	56.43	24	3.94	24	4	52.01	5	3.33
An 8		26	55.12	27	2.67	23	44	56.14	45	7.34
An 9		27	29.36	27	36.91	23	44	37.65	44	48.85
An 10		30	14.42	30	21.99	23	48	33.85	48	45.08
An 12		38	1.58	38	9.20	24	4	33.55	4	44.88
An W		38	47.90	38	55.51	24	22	33.72	22	45.15
An 20		44	6.52	44	14.18	24	8	43.77	8	55.13
An 21		44	43.39	44	51.05	24	12	50.32	13	1.71
An 24		45	41.76	45	49.45	23	50	44.68	50	55.94
η		45	44.84	45	52.54	23	39	45.10	39	56.29
An 27		56	38.86	56	46.63	23	52	39.87	52	51.14
An 29	55	0	45.05	0	52.84	23	54	20.23	54	31.51

1858 August 30.6

	A. R. med. 1858.0			A. R. app.		Decl. med. 1858.0			Decl. app.	
	°	′	″	′	″	°	′	″	′	″
16 g	54	5	31.76	6	16.19	+ 23	50	21.19	50	37.10
18 m		10	27.13	11	11.65	24	23	23.55	23	39.25
19 e		11	25.83	12	10.28	24	1	5.22	1	21.05
An 4		17	51.39	18	35.78	23	53	15.79	53	31.65
An 5		18	11.77	18	56.22	24	10	46.67	11	2.42
20 c		20	45.31	21	29.70	23	55	13.43	55	29.27
21 k		21	49.18	22	33.60	24	6	26.62	6	42.39
22 l		23	56.43	24	40.84	24	4	52.01	5	7.78
An 12		38	1.58	38	45.94	24	4	33.55	4	49.29
An 20		44	6.52	44	50.87	24	8	43.77	8	59.46
An 21		44	43.39	45	27.75	24	12	50.32	13	5.99
η		45	44.84	46	29.09	23	39	45.10	40	0.96
An 27		56	38.86	57	23.10	23	52	39.87	52	55.63
An 29	55	0	45.05	1	29.28	23	54	20.23	54	35.96
An 31		12	20.96	13	5.16	23	57	30.58	57	46.26
An 32		13	35.70	14	19.90	23	56	37.30	56	52.98
An 37		22	18.27	23	2.43	23	54	47.53	55	3.20

1859 April 6.3

	A. R. med. 1859.0			A. R. app.		Decl. med. 1859.0			Decl. app.	
16g	54°	6′	25.01″	6′	29.03″	+ 23°	50′	32.91″	50′	41.89″
18m		11	20.58	11	24.57	24	23	35.25	23	44.37
19e		12	19.15	12	23.18	24	1	16.91	1	25.94
An 2		17	48.08	17	52.14	24	1	7.39	1	16.43
An 4		18	44.70	18	48.77	23	53	27.45	53	36.46
An 5		19	5.16	19	9.21	24	10	58.33	11	7.40
An 6		19	40.78	19	44.86	23	50	39.43	50	48.43
20c		21	38.63	21	42.72	23	55	25.08	55	34.10
21k		22	42.55	22	46.63	24	6	38.26	6	47.32
22 l		24	49.79	24	53.88	24	5	3.64	5	12.70
An 12		38	54.96	38	59.12	24	4	45.19	4	54.26
An W		39	41.40	39	45.54	24	22	45.28	22	54.43
An 20		44	59.93	45	4.11	24	8	55.31	9	4.41
An 21		45	36.82	45	41.01	24	13	1.85	13	10.96
An 24		46	35.09	46	39.31	23	50	56.19	51	5.22
η		46	38.09	46	42.32	23	39	56.61	40	5.60
An 31	55	13	14.37	13	18.72	23	57	41.98	57	51.06
An 32		14	29.10	14	33.46	23	56	48.69	56	57.77
An 37		23	11.66	23	16.06	23	54	58.88	55	7.96
An 39		30	53.23	30	57.66	24	3	49.30	3	58.43

1860 September 6.54

	A. R. med. 1860.0			A. R. app.		Decl. med. 1860.0			Decl. app.	
17b	54°	8′	31.05″	9′	29.06″	+ 23°	40′	11.16″	40′	26.84″
An 1		16	57.72	17	55.67	23	35	36.42	35	52.09
An 7		23	18.59	24	16.52	23	35	53.93	36	9.56
An 8		28	41.64	29	39.61	23	45	19.35	45	34.91
An 9		29	15.88	30	13.84	23	45	0.85	45	16.41
23d		30	20.32	31	18.20	23	30	32.07	30	47.71
An 10		32	0.99	32	58.96	23	48	57.03	49	12.55
An 13		41	25.35	42	23.21	23	33	28.90	33	44.47
An 15		44	23.84	45	21.73	23	41	28.99	41	44.50
An 18		45	4.83	46	2.72	23	42	8.42	42	23.92
24p		45	30.90	46	28.78	23	40	46.52	41	2.03
An 19		45	44.36	46	42.13	23	22	0.49	22	16.10
An 22		46	30.87	47	28.68	23	28	41.43	28	57.00

	A. R. med. 1860.0			app.		Decl. med. 1860.0			app.	
	°	′	″	′	″	°	′	″	′	″
An 24	54	47	28.40	48	26.33	+ 23	51	7.71	51	23.15
η		47	31.36	48	29.23	23	40	8.13	40	23.63
An 27		58	25.56	59	23.46	23	53	2.82	53	18.20
An 29	55	2	31.78	3	29.67	23	54	43.14	54	58.49
26 s		9	31.89	10	29.60	23	25	32.65	25	48.13
27 f		12	38.74	13	36.50	23	37	19.23	37	34.63
28 h		12	56.46	13	54.24	23	42	19.40	42	34.77
An 31		14	7.76	15	5.63	23	57	53.38	58	8.66
An 32		15	22.49	16	20.35	23	57	0.08	57	15.36
An 33		16	32.04	17	29.85	23	49	0.80	49	16.12
An 35		21	34.08	22	31.87	23	48	50.11	49	5.41
An 36		23	45.66	24	43.43	23	47	14.33	47	29.62
An 37		24	5.07	25	2.88	23	55	10.23	55	25.48

1876 October 6.4

	A. R. med. 1876.0			app.		Decl. med. 1876.0			app.	
	°	′	″	′	″	°	′	″	′	″
16 g	54	21	30.75	22	27.88	+ 23	53	51.43	54	10.99
17 b		22	42.61	23	39.69	23	43	17.87	43	37.47
An 1		31	9.07	32	6.11	23	38	42.49	39	2.07
An 4		33	51.03	34	48.15	23	56	44.95	57	4.44
20 c		36	45.22	37	42.35	23	58	42.38	59	1.85
23 d		44	31.51	45	28.51	23	33	37.15	33	56.70
An 12		54	2.89	55	0.04	24	8	1.00	8	20.36
An 15		58	36.36	59	33.39	23	44	32.97	44	52.41
An 18		59	17.41	0	14.44	23	45	12.35	45	31.79
24 p		59	43.37	0	40.39	23	43	50.42	44	9.86
An 24	55	1	41.90	2	38.97	23	54	11.46	54	30.85
η		1	43.83	2	40.85	23	43	11.88	43	31.32
An 27		12	39.49	13	36.55	23	56	5.74	56	25.08
An 29		16	45.93	17	42.99	23	57	45.74	58	5.06
An 31		28	22.47	29	19.53	24	0	55.10	1	14.35
An 32		29	37.15	30	34.20	24	0	1.70	0	20.95
An 35		35	48.13	36	45.13	23	51	51.25	52	10.51
An 37		38	19.78	39	16.81	23	58	11.15	58	30.37
An 39		46	2.38	46	59.44	24	7	0.93	7	20.08

Die Bedingungsgleichungen.

Unter Anwendung der in den vorhergehenden Abschnitten angegebenen Coordinaten der Beobachtungsorte, des Mondes und der Plejaden lieferte die Rechnung mittelst der Formel auf pag. 310 für jeden der oben mitgetheilten beobachteten Appulse eine Gleichung zwischen den gesuchten Unbekannten. Diese so erhaltenen Gleichungen sind im Folgenden in Gruppen für die einzelnen Durchgänge zusammengestellt, und zwar gesondert nach den Eintritten und den Austritten, und geordnet nach den Sternwarten (von West nach Ost dabei fortschreitend); ihre weitere Behandlung wird der nächste Abschnitt bringen. Erwähnt sei zuvor noch, dass die beiden letzten Columnen auf jeder Seite, mit $\triangle$ resp. $\triangle'$ überschrieben, nur um Raum zu sparen hierher gesetzt sind, und ihre Erläuterung unten an den betreffenden Stellen finden werden.

I. 1839 März 19.

52 Eintritte in den dunklen Rand:

Ort	*					$\triangle$	$\triangle'$
Ashurst	g	$+0.7261(\triangle\alpha-\triangle\alpha')$	$+0.5270(\triangle\delta-\triangle\delta')$	$-0.5105\triangle\pi+\triangle r$	$+0.77''=0$	$+0.17''$	$+0.26''$
-	4	$+0.7067$	$+0.5581$	-0.5468	$+0.62$	$+0.01$	$+0.09$
-	c	$+0.6529$	$+0.6305$	-0.5662	$+1.53$	$+0.90$	$+0.94$
-	e	$+0.0891$	$+0.9499$	-0.4004	$+1.01$	$+0.54$	$+0.01$
-	p	$+0.7737$	-0.4399	$+0.0276$	-0.48	-0.36	-0.51
-	24	$+0.8573$	$+0.1623$	-0.4319	$+0.90$	$+0.49$	$+0.62$
-	η	$+0.7401$	-0.5031	$+0.0930$	$+0.38$	$+0.58$	$+0.36$
-	12	$+0.2294$	$+0.9209$	-0.5185	$+1.52$	$+0.97$	$+0.60$
-	29	$+0.8441$	$+0.2291$	-0.4808	$+1.14$	$+0.68$	$+0.82$
-	31	$+0.8234$	$+0.3071$	-0.5278	$+0.835$	$+0.34$	$+0.47$
-	32	$+0.8399$	$+0.2470$	-0.4968	$+0.80$	$+0.34$	$+0.48$
-	h	$+0.6583$	-0.6236	$+0.2523$	$+1.36$	$+1.72$	$+1.37$
Greenwich (Hosp.)	b	$+0.8684$	-0.0538	-0.2452	$+1.89$	$+1.64$	$+1.72$
-	g	$+0.7185$	$+0.5395$	-0.5144	$+0.735$	$+0.13$	$+0.21$
-	c	$+0.6427$	$+0.6425$	-0.5685	$+1.81$	$+1.18$	$+1.21$

Ort						Δ	Δ'
						"	"
Greenwich e (Hosp.)	+ 0.0433 (Δα−Δα')	+ 0.9547 (Δδ−Δδ')	− 0.3775 Δπ + Δr	+ 0.11 = 0		−0.33	− 0.91
- 15	+ 0.8031	− 0.3678	− 0.0376	+ 0.76		+0.81	+ 0.71
- η	+ 0.7479	− 0.4875	+ 0.0804	+ 1.07		+1.26	+ 1.06
- h	+ 0.6702	− 0.6079	+ 0.2365	+ 1.48		+1.82	+ 1.49
Leiden (alt) d	+ 0.3814	− 0.8601	+ 0.5948	− 0.52		+0.23	− 0.53
- 15	+ 0.8373	− 0.2667	− 0.1178	− 0.97		−1.03	− 1.06
- 18	+ 0.8458	− 0.2332	− 0.1467	− 1.375		−1.46	− 1.47
- p	+ 0.8201	− 0.3221	− 0.0682	− 0.19		−0.19	− 0.26
- 24	+ 0.8362	+ 0.2676	− 0.4901	− 0.14		−0.62	− 0.48
- 13	+ 0.5212	− 0.7672	+ 0.4456	− 0.96		−0.39	− 0.95
- η	+ 0.8022	− 0.3674	− 0.0241	+ 1.77		+1.82	+ 1.72
- 27	+ 0.8324	+ 0.2775	− 0.5022	+ 0.74		+0.26	+ 0.40
- h	+ 0.7445	− 0.4966	+ 0.1271	− 0.49		−0.29	− 0.50
- 31	+ 0.7852	+ 0.4124	− 0.5750	+ 0.04		−0.52	− 0.39
- 39	+ 0.6752	+ 0.6007	− 0.6508	+ 1.63		+1.00	+ 1.06
Königsberg b	+ 0.8133	+ 0.3405	− 0.5038	+ 1.005		+0.49	+ 0.62
- g	+ 0.3504	+ 0.8757	− 0.6087	− 0.57		−1.17	− 1.42
Dorpat b	+ 0.7094	+ 0.5532	− 0.5823	+ 1.07		+0.46	+ 0.54
- 1	+ 0.8470	+ 0.2280	− 0.4078	− 0.78		− 1.23	− 1.09
- 3	+ 0.8052	+ 0.3660	− 0.4937	− 0.245		−0.78	− 0.65
- 7	+ 0.8558	+ 0.1826	− 0.3772	− 0.65		−1.07	− 0.94
- d	+ 0.8511	− 0.2025	− 0.0632	+ 0.26		+0.14	+ 0.14
- 8	+ 0.6478	+ 0.6379	− 0.6264	+ 0.73		0.00	+ 0.13
- 9	+ 0.6645	+ 0.6176	− 0.6193	+ 0.31		−0.32	− 0.28
- 10	+ 0.4935	+ 0.7857	− 0.6629	+ 0.95		+0.31	+ 0.21
- 13	+ 0.8646	− 0.1368	− 0.1143	− 2.69		−2.87	− 2.83
- 15	+ 0.8295	+ 0.2957	− 0.4493	− 1.11		−1.61	− 1.46
- p	+ 0.8418	+ 0.2459	− 0.4153	− 0.17		−0.64	− 0.50
- 18	+ 0.8189	+ 0.3255	− 0.4684	+ 0.06		−0.45	− 0.32
- η	+ 0.8537	+ 0.1901	− 0.3750	− 0.01		−0.44	− 0.30
- 22	+ 0.7484	− 0.4916	+ 0.2515	− 0.45		−0.26	− 0.46
- 24	+ 0.5155	+ 0.7695	− 0.6696	+ 0.85		+0.21	+ 0.14
- 29	+ 0.4420	+ 0.8227	− 0.6813	+ 1.03		+0.40	+ 0.26
- h	+ 0.8675	+ 0.0788	− 0.2680	+ 0.07		−0.28	− 0.18
- f	+ 0.8479	− 0.2158	− 0.0041	+ 0.16		+0.06	+ 0.06
- 33	+ 0.7817	+ 0.4211	− 0.5133	− 0.17		−0.73	− 0.60
- 37	+ 0.6116	+ 0.6794	− 0.6460	+ 0.835		+0.20	+ 0.19

7 Austritte aus dem hellen Rand:

Ort.	*					Δ	Δ'
					"	"	"
Ashurst	b	− 0.7853 (Δα−Δα')	− 0.4206 (Δδ−Δδ')	+ 1.0738 Δπ+Δr	− 3.28 = 0	−2.02	− 4.01
-	η	− 0.5515	− 0.7422	+ 1.1762	− 0.70	+0.64	− 1.18
Leiden(alt)	b	− 0.8230	− 0.3198	+ 1.0391	− 2.47	−1.27	− 3.27
-	c	− 0.7628	+ 0.4614	+ 0.4522	− 0.17	+0.38	− 1.31
Dorpat	b	− 0.8416	+ 0.2390	+ 0.5392	+ 1.08	+1.86	0.00
-	d	− 0.7342	− 0.5151	+ 1.0988	− 0.70	+0.59	− 1.37
-	η	− 0.8620	− 0.1409	+ 0.8297	− 1.19	−0.09	− 2.08

II. 1841 August 10.

20 Eintritte in den hellen Rand:

Ort	*					Δ	Δ'
					"	"	"
Edinburg	d	+ 0.7589 (Δα−Δα')	− 0.5128 (Δδ−Δδ')	+ 1.1368 Δπ+Δr	− 0.13 = 0	−0.48	− 1.88
-	c	+ 0.1598	+ 0.9629	− 0.4281	− 0.52	+0.28	− 1.22
-	η	+ 0.8753	− 0.1605	+ 0.9232	+ 3.24	+3.02	+ 1.36
Altona	c	+ 0.4236	+ 0.8602	− 0.1126	+ 0.50	+1.09	− 0.60
-	η	+ 0.8179	− 0.3873	+ 1.0904	− 0.125	−0.44	− 1.95
Hamburg	c	+ 0.4248	+ 0.8609	− 0.1116	− 0.50	+0.09	− 1.61
-	d	+ 0.5423	− 0.7743	+ 1.2054	+ 1.48	+1.09	+ 0.01
-	η	+ 0.8184	− 0.3882	+ 1.0917	− 0.31	−0.63	− 2.11
Berlin	b	+ 0.8656	+ 0.2422	+ 0.6477	− 1.24	−1.23	− 3.06
-	c	+ 0.4885	+ 0.8182	− 0.0124	+ 0.295	+0.83	− 0.91
-	η	+ 0.7778	− 0.4738	+ 1.1272	+ 1.16	+0.82	− 0.62
Pulkowa	b	+ 0.8833	+ 0.1317	+ 0.6567	+ 0.885	+0.82	− 0.98
-	g	+ 0.6159	+ 0.7074	+ 0.0710	+ 0.38	+0.79	− 1.02
-	c	+ 0.5942	+ 0.7287	+ 0.0526	+ 0.49	+0.92	− 0.87
-	24	+ 0.8844	+ 0.1130	+ 0.6452	+ 0.04	−0.04	− 1.83
-	p	+ 0.7454	− 0.5349	+ 1.0313	− 0.06	−0.42	− 1.80
-	12	+ 0.3481	+ 0.9015	− 0.1878	− 1.07	−0.42	− 2.06
-	η	+ 0.6753	− 0.6350	+ 1.0584	+ 1.35	+0.97	− 0.30
-	32	+ 0.8879	− 0.0277	+ 0.6958	+ 1.09	+0.94	− 0.80
-	37	+ 0.8424	− 0.3114	+ 0.8405	+ 0.04	−0.25	− 1.81

49 Austritte aus dem dunklen Rand:

Ort.	*					Δ	Δ'
					″	″	″
Edinburg	c	−0.6086 (Δα−Δα')	+0.7138 (Δδ−Δδ')	−0.6724 Δπ+Δr	+0.13=0	+1.22	+0.52
-	d	−0.3865	−0.8812	+0.7315	−0.06	+0.01	−0.18
-	h	−0.3875	−0.8795	+0.6691	+0.195	+0.27	+0.08
Leiden (alt)	g	−0.7881	+0.4581	−0.6072	−0.735	+0.30	−0.11
-	b	−0.8629	−0.2367	−0.1327	+1.66	+2.35	+2.31
Altona	g	−0.8158	+0.3967	−0.5632	−1.37	−0.35	−0.72
-	b	−0.8511	−0.2851	−0.0790	+0.90	+1.56	+1.53
-	4	−0.8309	+0.3520	−0.5342	−0.03	+0.97	+0.65
-	15	−0.5750	−0.7471	+0.4128	−0.65	−0.40	−0.48
-	p	−0.5224	−0.7917	+0.4775	−0.04	+0.16	+0.05
-	η	−0.4525	−0.8420	+0.5571	−0.14	−0.01	−0.16
-	24	−0.8427	−0.3110	−0.0628	+0.56	+1.20	+1.17
-	h	+0.1075	−0.9686	+0.9821	+2.25	+2.00	+1.40
Hamburg	g	−0.8155	+0.3965	−0.5629	−0.95	+0.07	−0.30
-	b	−0.8517	−0.2851	−0.0791	+0.63	+1.29	+1.26
-	1	−0.6673	−0.6498	+0.3088	−1.07	−0.72	−0.76
-	d	−0.0399	−0.9772	+0.9599	+0.46	+0.29	−0.18
-	7	−0.6004	−0.7204	+0.3972	+1.43	+1.71	+1.65
-	4	−0.8308	+0.3516	−0.5339	+0.15	+1.15	+0.83
-	c	−0.8005	+0.4307	−0.5690	−0.99	+0.05	−0.35
-	9	−0.8314	−0.3503	−0.0277	−0.26	+0.36	+0.33
-	10	−0.8750	−0.1752	−0.1810	+0.30	+1.04	+0.98
-	12	−0.5246	+0.7893	−0.6298	−0.12	+0.96	+0.16
-	15	−0.5750	−0.7475	+0.4133	−0.90	−0.65	−0.73
-	p	−0.5216	−0.7918	+0.4780	+0.36	+0.56	+0.45
-	η	−0.4524	−0.8423	+0.5576	−0.28	−0.15	−0.30
-	18	−0.5962	−0.7275	+0.3848	−1.07	−0.80	−0.87
-	24	−0.8424	−0.3113	−0.0625	+0.77	+1.41	+1.38
-	h	+0.1091	−0.9678	+0.9822	+2.27	+2.02	+1.42
-	27	−0.8190	−0.3877	+0.0097	−2.75	−2.17	−2.18
-	29	−0.8257	−0.3644	−0.0086	−0.87	−0.27	−0.29
-	33	−0.4592	−0.8367	+0.5238	−0.02	+0.12	−0.03
-	31	−0.8185	−0.3849	+0.0189	−1.78	−1.20	−1.21
-	32	−0.7886	−0.4512	+0.0787	−0.53	+0.01	−0.01

Ort	*					△	△'
Hamburg	37	$-0.6450(\Delta\alpha-\Delta\alpha')$	$-0.6722(\Delta\delta-\Delta\delta')$	$+0.3061\,\Delta\pi+\Delta r$	$-0.16=0$	+0.17	+0.13
-	39	−0.8304	−0.3487	+0.0126	−1.09	−0.47	−0.50
Berlin	g	−0.8436	+0.3175	−0.5295	−0.83	+0.16	−0.14
-	b	−0.8332	−0.3481	−0.0413	−0.48	+0.14	+0.12
-	c	−0.8341	+0.3433	−0.5310	−0.40	+0.60	+0.27
-	p	−0,4470	−0.8460	+0.5410	−0.24	−0.11	−0.27
-	η	−0.3653	−0.8920	+0.6254	−0.295	−0.24	−0.45
-	24	−0.8186	−0.3877	−0.0089	−1.91	−1.32	−1.34
Pulkowa	b	−0.7884	−0.4573	+0.1837	−0.95	−0.42	−0.43
-	g	−0.8772	+0.1779	−0.3177	−1.42	−0.49	−0.70
-	c	−0.8717	+0.2032	−0.3071	−1.10	−0.16	−0.38
-	η	−0.2062	−0.9516	+0.8170	−0.11	−0.18	−0.51
-	p	−0.3143	−0.9147	+0.7403	−0.06	−0.04	−0.29
-	12	−0.7661	+0.4989	−0.4243	−1.06	−0.01	−0.47
-	24	−0.7744	−0.4833	+0.2439	−1.41	−0.90	−0.92

III. 1857 October 6.

11 Eintritte in den hellen Rand:

Ort	*					△	△'
Greenwich	f	$+0.3799(\Delta\alpha-\Delta\alpha')$	$+0.8472(\Delta\delta-\Delta\delta')$	$-0.1401\,\Delta\pi+\Delta r$	$-0.18=0$	+0.29	−1.26
Wilna	f	+0.6301	+0.6447	+0.2037	−0.99	−0.39	−2.24
-	h	+0.4181	+0.8277	−0.0521	−2.29	−1.80	−3.40
Petersburg	f	+0.6308	+0.6452	+0.1233	−1.98	−1.38	−3.23
Pulkowa	d	+0.1793	+0.9235	−0.3527	−0.515	−0.14	−1.45
-	19	+0.7851	+0.3870	+0.3957	+0.86	+1.54	−0.46
-	s	+0.8527	+0.1337	+0.6190	−0.14	+0.58	−1.46
-	f	+0.6303	+0.6422	+0.1266	+0.50	+1.09	−0.75
-	h	+0.4164	+0.8262	−0.1166	−0.11	+0.38	−1.22
-	38	+0.8400	−0.2089	+0.8449	−0.63	+0.10	−1.86
-	34	+0.5392	−0.7384	+1.0630	−2.22	−1.58	−3.08

18 Austritte aus dem dunklen Rand:

Greenwich	f	$-0.7978(\Delta\alpha-\Delta\alpha')$	$+0.3566(\Delta\delta-\Delta\delta')$	$-0.5493\,\Delta\pi+\Delta r$	$-1.11=0$	−1.14	−1.12
Brüssel	h	−0.6373	+0.6321	−0.6371	+1.36	+1.39	+1.16
-	f	−0.8242	+0.2716	−0.5083	−0.07	−0.11	−0.04

Ort.	*					Δ	Δ'
Leiden(alt)	h	−0.6131 $(\Delta\alpha-\Delta\alpha')$	+0.6612 $(\Delta\delta-\Delta\delta')$	−0.6361 $\Delta\pi+\Delta r$	+0.84 = 0	+0.88	+0.61
-	f	−0.8210	+0.2921	−0.5061	−2.86	−2.89	−2.83
Wilna	d	−0.6978	+0.5532	−0.5842	+0.13	+0.14	−0.01
-	h	−0.8275	+0.2577	−0.3941	+0.245	+0.21	+0.28
-	f	−0.8584	−0.0344	−0.2223	+1.49	+1.45	+1.61
Petersburg	d	−0.7042	+0.5456	−0.5276	−1.25	−1.25	−1.38
Pulkowa	23	−0.6029	−0.6723	+0.4275	+1.04	+1.15	+1.10
-	19	−0.8141	−0.3068	+0.0536	+0.08	+0.08	+0.24
-	34	+0.0836	−0.9400	+0.9577	−0.72	−0.27	−1.16
-	s	−0.6995	−0.5510	+0.2981	−0.76	−0.69	−0.64
-	30	−0.7093	−0.5342	+0.2841	−0.01	+0.05	+0.11
-	33	−0.5924	+0.6825	−0.4938	+1.39	+1.43	+1.14
-	h	−0.8233	+0.2752	−0.3221	−0.49	−0.53	−0.46
-	f	−0.8598	−0.0188	−0.1382	+0.31	+0.28	+0.45
-	38	−0.4693	−0.7905	+0.5752	+0.50	+0.68	+0.47

IV. 1857 November 30.

22 Eintritte in den dunklen Rand:

Ort.	*					Δ	Δ'
Brüssel	f	+0.2538 $(\Delta\alpha-\Delta\alpha')$	+0.8872 $(\Delta\delta-\Delta\delta')$	−0.1799 $\Delta\pi+\Delta r$	−1.36 = 0	−0.14	−0.25
Leiden(alt)	s	+0.7081	+0.5137	+0.3643	−1.64	−0.72	−0.27
-	f	+0.2271	+0.8959	−0.2182	−1.43	−0.20	−0.35
-	40	+0.7878	+0.3430	+0.5489	−0.63	+0.14	+0.63
Christiania	f	+0.1976	+0.9032	−0.3076	−0.49	+0.73	+0.54
Wilna	s	+0.8154	+0.2655	+0.5657	−3.04	−2.34	−1.83
-	f	+0.5358	+0.7216	+0.0999	−1.71	−0.61	−0.35
-	34	+0.7167	−0.4977	+0.9812	−1.41	−1.44	−1.44
-	h	+0.2861	+0.8759	−0.1394	−1.96	−0.75	−0.82
Pulkowa	19	+0.7090	+0.5119	+0.2564	−1.02	−0.10	+0.35
-	25	+0.8358	−0.1497	+0.7950	+1.545	+1.86	+2.20
-	22	+0.4812	+0.7649	−0.0425	−0.28	+0.85	+1.05
-	s	+0.8105	+0.2778	+0.4584	−1.71	−1.00	−0.49
-	f	+0.5190	+0.7343	−0.0007	−0.295	+0.81	+1.06
-	34	+0.7333	−0.4654	+0.9060	−0.30	−0.30	−0.26
-	38	+0.8464	−0.0326	+0.6636	+0.29	+0.71	+1.13

Ort	*					Δ	Δ'
Pulkowa	h	+0.2550(Δα−Δα')	+0.8865(Δδ−Δδ')	−0.2238Δπ+Δr	−1.22=0	0.00	−0.11
-	40	+0.8439	+0.0776	+0.5624	−0.14	+0.39	+0.85
Madras	e	+0.7790	+0.3756	+0.7607	−2.02	−1.22	−0.72
-	c	+0.8327	−0.1851	+0.6560	−0.55	−0.27	+0.06
-	k	+0.7824	+0.3657	+0.6965	−1.92	−1.13	−0.63
-	l	+0.8213	+0.2426	+0.6880	−1.83	−1.15	−0.65

8 Austritte aus dem hellen Rand:

						Δ	Δ'
Brüssel	f	−0.7452(Δα−Δα')	+0.4449(Δδ−Δδ')	−0.5434Δπ+Δr	−1.77=0	−1.10	−3.02
Leiden (alt)	f	−0.7288	+0.4757	−0.5438	−1.34	−0.63	−2.52
Wilna	h	−0.7701	+0.3892	−0.3714	−1.50	−0.88	−2.88
Pulkowa	d	−0.4772	+0.7697	−0.5279	−1.85	−0.84	−2.19
-	34	−0.2413	−0.8925	+0.7394	−2.78	−3.30	−5.04
-	h	−0.7439	+0.4469	−0.3284	−1.92	−1.25	−3.17
-	f	−0.8373	+0.1380	−0.1621	−0.26	+0.11	−2.11
Madras	l	−0.6149	−0.6398	+0.0457	−0.685	−1.02	−3.23

V. 1858 Februar 20.

83 Eintritte in den dunklen Rand:

Ort	*					Δ	Δ'
Greenwich	c	+0.8627(Δα−Δα')	−0.1218(Δδ−Δδ')	+0.4031Δπ+Δr	+8.71=0	+2.36	+2.48
Leiden (alt)	g	+0.8636	−0.1192	+0.4213	+8.56	+2.19	+2.31
-	e	+0.8068	+0.3593	+0.1538	+8.03	−0.33	−0.36
-	c	+0.8575	−0.1627	+0.3579	+8.16	+2.08	+2.19
-	k	+0.7722	+0.4404	+0.0599	+8.17	−0.32	−0.40
-	l	+0.8183	+0.3232	+0.1086	+8.63	+0.36	+0.36
-	12	+0.8689	+0.0450	+0.1675	+7.705	+0.45	+0.56
-	20	+0.8574	+0.1708	+0.0765	+5.85	−1.97	−1.90
-	21	+0.7982	+0.3790	−0.0245	+7.87	−0.53	−0.56
Bonn	4	+0.8120	−0.3547	+0.4162	+4.23	−0.47	−0.38
-	c	+0.8331	−0.2901	+0.3736	+4.06	−1.16	−1.05
-	k	+0.8130	+0.3410	+0.0826	+7.98	−0.34	−0.35
-	l	+0.8472	+0.2192	+0.1280	+7.77	−0.21	−0.16
-	12	+0.8669	−0.0666	+0.1766	+8.53	+1.87	+1.98

Ort	*					Δ	Δ'
					"	"	"
Bonn	20	+0.8677$(\Delta\alpha-\Delta\alpha')$	+0.0669$(\Delta\delta-\Delta\delta')$	+0.0834$\Delta\pi+\Delta r$	+7.42−0	+0.05	+0.14
-	21	+0.8305	+0.2841	−0.0158	+7.43	−0.75	−0.74
-	w	+0.4434	+0.8207	−0.1962	+9.22	+1.55	+1.03
Altona	g	+0.8608	−0.1391	+0.3549	+8.80	+2.56	+2.67
-	e	+0.8093	+0.3506	+0.0791	+8.59	+0.25	+0.23
-	4	+0.8482	−0.2236	+0.3327	+5.90	+0.21	+0.33
-	c	+0.8572	−0.1613	+0.2862	+8.51	+2.41	+2.53
-	k	+0.7694	+0.4446	−0.0191	+8.84	+0.35	+0.27
-	l	+0.8158	+0.3291	+0.0279	+9.05	+0.76	+0.75
-	12	+0.8678	+0.0695	+0.0847	+7.40	+0.02	+0.11
-	20	+0.8497	+0.2017	−0.0104	+7.87	−0.05	0.00
-	21	+0.7843	+0.4105	−0.1110	+8.54	+0.10	+0.05
Göttingen	4	+0.8139	−0.3493	+0.3800	+4.22	−0.53	−0.44
-	c	+0.8345	−0.2830	+0.3349	+4.64	−0.63	−0.53
-	k	+0.8105	+0.3477	+0.0368	+8.06	−0.28	−0.30
-	l	+0.8450	+0.2271	+0.0817	+8.07	+0.06	+0.11
-	12	+0.8685	−0.0465	+0.1313	+7.91	+1.12	+1.24
-	20	+0.8656	+0.0902	+0.0355	+7.72	+0.25	+0.34
-	21	+0.8221	+0.3062	−0.0651	+9.23	+1.01	+1.02
Berlin	g	+0.8420	−0.2526	+0.3592	+5.76	+0.27	+0.38
-	e	+0.8383	+0.2604	+0.0835	+7.19	−0.93	−0.90
-	4	+0.8202	−0.3332	+0.3347	+3.51	−1.37	−1.28
-	c	+0.8382	−0.2656	+0.2866	+5.56	+0.17	+0.28
-	6	+0.7121	−0.5578	+0.4405	+3.23	+0.42	+0.43
-	k	+0.8054	+0.3631	−0.0194	+7.43	−0.94	−0.97
-	l	+0.8410	+0.2443	+0.0250	+8.06	+0.01	+0.04
-	12	+0.8699	−0.0151	+0.0755	+7.37	+0.41	+0.52
Kremsmünster	4	+0.6263	−0.6748	+0.4400	+0.295	−1.17	−1.25
-	c	+0.6913	−0.5889	+0.3857	+2.81	+0.34	+0.34
-	12	+0.8314	−0.2972	+0.1644	+2.71	−2.46	−2.35
-	w	+0.6139	+0.6759	−0.2122	+8.465	+0.11	−0.20
-	20	+0.8591	−0.1439	+0.0600	+8.01	+1.82	+1.93
-	21	+0.8659	+0.0905	−0.0438	+7.09	−0.38	−0.30
Prag	g	+0.7859	−0.4249	+0.4068	+2.355	−1.76	−1.69
-	e	+0.8644	+0.1212	+0.1361	+6.96	−0.66	−0.58
-	4	+0.7398	−0.5146	+0.3851	+2.25	−1.01	−0.98
-	k	+0.8458	+0.2285	+0.0296	+6.95	−1.07	−1.03
-	c	+0.7792	−0.4382	+0.3355	+2.34	−1.65	−1.59

Ort.	*					Δ	Δ'
Prag	1	+ 0.8657 (Δα − Δα')	+ 0.1036 (Δδ − Δδ')	+ 0.0718 Δπ + Δr	+ 6.98 = 0	− 0.56	− 0.48
Krakau	g	+ 0.7416	− 0.5102	+ 0.3735	+ 3.01	− 0.30	− 0.27
-	e	+ 0.8701	+ 0.0610	+ 0.0808	+ 6.32	− 1.04	− 0.94
-	2	+ 0.8713	− 0.0478	+ 0.0985	+ 5.44	− 1.36	− 1.24
-	4	+ 0.6994	− 0.5783	+ 0.3564	+ 2.21	− 0.38	− 0.38
-	k	+ 0.8551	+ 0.1848	− 0.0312	+ 6.185	− 1.68	− 1.62
-	c	+ 0.7497	− 0.4953	+ 0.2986	+ 2.75	− 0.70	− 0.67
-	1	+ 0.8697	+ 0.0604	+ 0.0114	+ 6.27	− 1.08	− 0.98
Dorpat	g	+ 0.8697	− 0.0405	+ 0.1171	+ 7.93	+ 1.10	+ 1.22
-	e	+ 0.7633	+ 0.4577	− 0.1802	+ 8.53	+ 0.03	− 0.07
-	4	+ 0.8675	− 0.0740	+ 0.0875	+ 7.79	+ 1.15	+ 1.27
-	c	+ 0.8705	− 0.0036	+ 0.0350	+ 7.27	+ 0.24	+ 0.35
-	k	+ 0.6881	+ 0.5837	− 0.2777	+ 8.55	+ 0.03	− 0.17
-	1	+ 0.7526	+ 0.4781	− 0.2368	+ 8.35	− 0.17	− 0.28
-	10	+ 0.6827	− 0.6009	+ 0.4042	+ 2.47	+ 0.14	+ 0.11
-	8	+ 0.4253	− 0.8431	+ 0.6305	− 0.06	+ 1.05	+ 0.76
-	9	+ 0.2947	− 0.9081	+ 0.7112	− 0.13	+ 2.42	+ 1.99
-	20	+ 0.7809	+ 0.4190	− 0.2794	+ 8.06	− 0.39	− 0.46
-	24	+ 0.5816	− 0.7205	+ 0.4826	+ 0.39	− 0.46	− 0.59
-	27	+ 0.5376	− 0.7629	+ 0.5156	− 1.56	− 1.82	− 2.00
-	29	+ 0.6011	− 0.6999	+ 0.4447	+ 0.75	− 0.37	− 0.48
Pulkowa	g	+ 0.8714	+ 0.0204	+ 0.0543	+ 6.75	− 0.40	− 0.30
-	b	+ 0.5881	− 0.7154	+ 0.5490	+ 0.20	− 0.73	− 0.85
-	e	+ 0.7328	+ 0.5140	− 0.2422	+ 8.71	+ 0.18	+ 0.04
-	2	+ 0.7758	+ 0.4329	− 0.2202	+ 7.75	− 0.73	− 0.80
-	c	+ 0.8685	+ 0.0661	+ 0.0293	+ 7.21	− 0.16	− 0.06
-	k	+ 0.6417	+ 0.6432	− 0.3351	+ 9.26	+ 0.83	+ 0.56
-	1	+ 0.7159	+ 0.5410	− 0.2970	+ 8.835	+ 0.31	+ 0.14
-	24	+ 0.6751	− 0.6095	+ 0.3881	+ 3.115	+ 0.90	+ 0.87
-	27	+ 0.6482	− 0.6445	+ 0.4073	+ 2.43	+ 0.62	+ 0.56
-	29	+ 0.6914	− 0.5860	+ 0.3461	+ 3.33	+ 0.85	+ 0.84

14 Austritte aus dem hellen Rand:

Leiden (alt)	c	− 0.5796 (Δα − Δα')	− 0.7340 (Δδ − Δδ')	+ 0.7117 Δπ + Δr	− 7.85 = 0	+ 1.23	− 0.28
-	1	− 0.8373	− 0.3140	+ 0.5993	− 8.97	+ 0.12	− 1.76
Bonn	e	− 0.8050	− 0.4086	+ 0.6034	− 10.59	− 1.28	− 3.11
Berlin	g	− 0.5280	− 0.7815	+ 0.7551	− 9.08	− 0.20	− 1.63

Ort.	*					Δ	Δ'
Berlin	e	−0.8258 (Δα−Δα')	−0.3513 (Δδ−Δδ')	+0.6669 Δπ+Δr	− 9.46=0	−0.28	−2.14
-	c	−0.5523	−0.7580	+0.8057	− 7.28	+1.69	+0.22
Dorpat	e	−0.8825	−0.0446	+0.6252	− 7.68	+0.40	−1.57
-	c	−0.7667	−0.4856	+0.8743	− 9.26	+0.12	−1.64
Pulkowa	b	−0.1761	−0.9517	+0.9133	− 6.87	−0.09	−1.09
-	g	−0.7709	−0.4821	+0.8503	−11.07	−1.67	−3.45
-	e	−0.8813	+0.0406	+0.5829	− 6.19	+1.43	−0.56
-	c	−0.8038	−0.4078	+0.8633	− 9.78	−0.49	−2.31
-	k	−0.8592	+0.2216	+0.4842	− 7.02	−0.53	−2.52
-	l	−0.8788	+0.1019	+0.5764	− 8.36	−1.08	−3.06

VI. 1858 August 30.

8 Eintritte in den hellen Rand:

Ort.	*					Δ	Δ'
Wolverhampton	e	+0.8493 (Δα−Δα')	+0.2668 (Δδ−Δδ')	+0.5915 Δπ+Δr	− 0.66=0	+0.65	−1.53
Greenwich	c	+0.8021	−0.4065	+0.9160	− 1.04	−1.17	−3.01
Brüssel	e	+0.8808	+0.0813	+0.6983	− 1.39	−0.46	−2.60
-	c	+0.7119	−0.5710	+0.9099	+ 0.94	+0.41	−1.24
Leiden (alt)	e	+0.8767	+0.1183	+0.6565	− 0.75	+0.26	−1.90
Dorpat	k	+0.8842	+0.0182	+0.3906	− 2.97	−2.17	−4.30
-	l	+0.8738	−0.1230	+0.4567	+ 0.465	+0.96	−1.09
-	c	+0.5273	−0.7760	+0.7665	+ 0.85	−0.19	−1.51

27 Austritte aus dem dunklen Rand:

Cambridge (Mass)	20	−0.8315 (Δα−Δα')	+0.3231 (Δδ−Δδ')	−0.6131 Δπ+Δr	− 1.03=0	−0.39	−0.34
-	27	−0.5284	−0.7745	+0.3686	+ 1.00	−0.53	−0.44
-	29	−0.5438	−0.7607	+0.3378	+ 1.51	0.00	+0.12
-	32	−0.4397	−0.8386	+0.4520	+ 1.20	−0.43	−0.43
-	31	−0.5096	−0.7884	+0.3621	+ 1.83	+0.28	+0.36
-	37	−0.0531	−0.9668	+0.8472	+ 1.02	−0.69	−1.16
Wolverhampton	g	−0.4365	−0.8414	+0.5152	+ 1.325	−0.30	−0.30
-	e	−0.7633	−0.4861	+0.1847	− 0.57	−1.60	−1.31
-	c	−0.3814	−0.8732	+0.5636	+ 1.21	−0.46	−0.53
-	k	−0.7952	−0.4173	+0.1662	− 0.02	−0.92	−0.62
-	l	−0.7364	−0.5326	+0.2524	− 0.21	−1.33	−1.06

Ort.	*					Δ	Δ'
Greenwich	g	− 0.3492 (Δα−Δα')	− 0.8881 (Δδ−Δδ')	+ 0.5659 Δπ+Δr	+ 2.32 = 0	+ 0.63	+ 0.53
-	e	− 0.7207	− 0.5576	+ 0.2345	+ 0.38	− 0.78	− 0.52
-	c	− 0.2800	− 0.9175	+ 0.6134	+ 1.99	+ 0.28	+ 0.09
Brüssel	g	− 0.2022	− 0.9408	+ 0.6530	+ 3.15	+ 1.42	+ 1.14
-	4	− 0.0178	− 0.9677	+ 0.7428	+ 1.97	+ 0.27	− 0.23
-	m	− 0.5615	+ 0.7487	− 0.3362	− 0.75	+ 0.91	+ 0.42
-	c	− 0.1072	− 0.9600	+ 0.6959	+ 2.55	+ 0.82	+ 0.43
-	e	− 0.6529	− 0.6499	+ 0.3237	+ 1.10	− 0.23	− 0.02
-	k	− 0.6976	− 0.5898	+ 0.3091	+ 1.33	+ 0.11	+ 0.36
-	l	− 0.6123	− 0.6928	+ 0.3875	+ 2.96	+ 1.56	+ 1.73
-	12	− 0.3266	− 0.8984	+ 0.5900	+ 1.94	+ 0.24	+ 0.12
-	20	− 0.4422	− 0.8363	+ 0.5424	+ 1.71	+ 0.10	+ 0.09
Leiden (alt)	c	− 0.1832	− 0.9464	+ 0.6774	+ 2.22	+ 0.49	+ 0.19
-	5	− 0.8459	− 0.2638	+ 0.1171	+ 1.75	+ 1.14	+ 1.46
-	k	− 0.7252	− 0.5488	+ 0.3029	+ 0.82	− 0.32	− 0.06
-	l	− 0.6476	− 0.6552	+ 0.3819	+ 1.36	+ 0.02	+ 0.23

VII. 1859 April 6.

36 Eintritte in den dunklen Rand:

Ort.	*					Δ	Δ'
Leiden (alt)	e	+ 0.7660 (Δα−Δα')	− 0.4923 (Δδ−Δδ')	+ 0.1097 Δπ+Δr	− 0.16 = 0	+ 0.15	+ 0.10
-	12	+ 0.7548	− 0.5128	+ 0.1065	− 0.91	− 0.58	− 0.67
Göttingen	k	+ 0.8678	− 0.2087	− 0.1623	− 0.83	− 0.80	− 0.51
-	l	+ 0.8360	− 0.3272	− 0.0717	− 0.185	− 0.04	+ 0.12
-	12	+ 0.7804	− 0.4640	+ 0.0448	− 0.91	− 0.63	− 0.65
-	w	+ 0.6910	+ 0.6167	− 0.6014	+ 0.73	+ 0.20	+ 0.74
-	20	+ 0.8591	− 0.2432	− 0.1539	− 0.46	− 0.40	− 0.14
-	21	+ 0.8877	+ 0.0073	− 0.3378	− 0.26	− 0.41	+ 0.04
Breslau	e	+ 0.8169	− 0.3857	− 0.0325	− 1.81	− 1.61	− 1.53
-	m	+ 0.3297	+ 0.9114	− 0.5424	+ 1.05	+ 0.48	+ 0.65
-	k	+ 0.8782	− 0.1299	− 0.2449	+ 1.72	+ 1.68	+ 2.03
-	l	+ 0.8589	− 0.2450	− 0.1579	− 0.06	0.00	+ 0.25
-	c	+ 0.3790	− 0.8789	+ 0.5875	+ 1.47	+ 2.31	+ 1.39
Königsberg	e	+ 0.8758	− 0.1611	− 0.1648	+ 0.15	+ 0.13	+ 0.46
-	k	+ 0.8854	+ 0.0833	− 0.3472	+ 0.02	− 0.19	+ 0.31
-	4	+ 0.5804	− 0.7374	+ 0.4162	− 0.69	− 0.08	− 0.58

Ort.	*					Δ	Δ'
Königsberg	c	+0.6802 (Δα−Δα')	−0.6252(Δδ−Δδ')	+0.2751 Δπ+Δr	−0.20=0	+0.27	−0.01
-	20	+0.8865	+0.0532	−0.3394	+0.01	−0.18	+0.30
-	21	+0.8477	+0.2946	−0.4914	−0.17	−0.53	+0.06
-	w	+0.4097	+0.8711	−0.6370	+0.56	−0.02	+0.25
Petersburg	g	+0.7962	−0.4328	+0.1573	−0.68	−0.43	−0.40
-	e	+0.8744	+0.1855	−0.3548	−1.035	−1.32	−0.77
-	c	+0.8572	−0.2553	−0.0101	−0.51	−0.43	−0.20
Pulkowa	g	+0.7933	−0.4399	+0.1616	−1.11	−0.86	−0.84
-	e	+0.8754	+0.1791	−0.3530	−1.00	−1.28	−0.73
-	2	+0.8822	+0.1239	−0.3181	−0.32	−0.56	−0.04
-	4	+0.8251	−0.3623	+0.0873	−1.14	−0.96	−0.85
-	c	+0.8552	−0.2618	−0.0070	−0.12	−0.04	+0.19
-	6	+0.7283	−0.5573	+0.2926	−0.50	−0.11	−0.27
-	5	+0.6450	+0.6770	−0.6165	−0.03	−0.58	−0.07
-	k	+0.8094	+0.4082	−0.5003	−0.31	−0.74	−0.15
-	l	+0.8472	+0.3003	−0.4384	−0.52	−0.89	−0.30
-	31	+0.7305	−0.5490	+0.3413	+0.70	+1.08	+0.92
-	32	+0.6823	−0.6200	+0.4305	+0.40	+0.86	+0.59
-	37	+0.4606	−0.8301	+0.7464	+0.99	+1.74	+0.99
-	39	+0.8448	−0.2899	+0.0829	+0.54	+0.65	+0.84

6 Austritte aus dem hellen Rand:

Leiden(alt)	e	−0.5971 (Δα−Δα')	−0.7191(Δδ−Δδ')	+1.1066 Δπ+Δr	+0.31=0	+1.57	−0.76
-	k	−0.7655	−0.4969	+1.1039	−3.36	−2.19	−4.64
-	l	−0.7019	−0.6001	+1.1309	−3.64	−2.42	−4.84
-	12	−0.6119	−0.7084	+1.1638	−3.38	−2.12	−4.47
Pulkowa	e	−0.8844	−0.0976	+0.8387	−1.615	−0.69	−3.07
-	c	−0.7575	−0.5108	+1.1042	−2.75	−1.57	−4.01

VIII. 1860 September 6.

28 Eintritte in den hellen Rand:

Ort.	*					Δ	Δ'
Greenwich	f	+0.9374 (Δα−Δα')	+0.0147(Δδ−Δδ')	+0.8345 Δπ+Δr	+0.99=0	+1.71	−0.24
-	h	+0.8895	+0.3278	+0.6200	+0.06	+0.75	−1.26
Brüssel	d	+0.8923	+0.3322	+0.6723	−2.27	−1.58	−3.59

Ort.	*					Δ	Δ'
					″	″	″
Brüssel	f	+ 0.9331 (Δα − Δα')	− 0.1029 (Δδ − Δδ')	+ 0.8763 Δπ + Δr	+ 0.67 = 0	+ 1.39	− 0.53
Leiden(neu)	d	+ 0.8817	+ 0.3595	+ 0.6239	− 0.785	− 0.10	− 2.11
-	η	+ 0.7616	+ 0.6015	+ 0.3813	+ 0.53	+ 1.15	− 0.80
-	f	+ 0.9340	− 0.0601	+ 0.8336	+ 2.72	+ 3.44	+ 1.51
Utrecht	d	+ 0.8878	+ 0.3477	+ 0.6373	− 2.725	− 2.04	− 4.05
-	η	+ 0.7715	+ 0.5900	+ 0.3963	− 1.52	− 0.90	− 2.85
-	f	+ 0.9340	− 0.0764	+ 0.8394	+ 1.73	+ 2.45	+ 0.52
Christiania	d	+ 0.8562	+ 0.4267	+ 0.4123	− 0.835	− 0.17	− 2.17
-	η	+ 0.7015	+ 0.6830	+ 0.1412	+ 0.615	+ 1.20	− 0.70
-	f	+ 0.9362	+ 0.0849	+ 0.5932	− 1.27	− 0.55	− 2.53
Wien	d	+ 0.9407	+ 0.0193	+ 0.8941	− 0.71	+ 0.01	− 1.95
-	η	+ 0.9081	+ 0.2663	+ 0.6902	− 0.75	− 0.05	− 2.05
-	h	+ 0.9273	− 0.1542	+ 0.8047	+ 0.34	+ 1.07	− 0.83
-	f	+ 0.8015	− 0.5353	+ 0.9148	− 0.38	+ 0.32	− 1.33
Danzig	b	+ 0.2134	+ 1.0030	− 0.2332	− 0.31	+ 0.07	− 1.40
-	η	+ 0.8597	+ 0.4169	+ 0.4591	− 1.06	− 0.39	− 2.39
-	f	+ 0.9047	− 0.2814	+ 0.7837	− 2.31	− 1.59	− 3.42
Wilna	b	+ 0.3810	+ 0.9446	− 0.0955	− 2.90	− 2.45	− 4.09
-	d	+ 0.9128	+ 0.0422	+ 0.7285	− 3.74	− 3.01	− 4.99
-	η	+ 0.8976	+ 0.3096	+ 0.4877	− 1.98	− 1.29	− 3.30
-	h	+ 0.9378	− 0.0491	+ 0.5882	− 0.91	− 0.19	− 2.12
-	f	+ 0.8643	− 0.4060	+ 0.7532	− 2.39	− 1.67	− 3.43
Nikolajew	b	+ 0.7162	+ 0.6679	+ 0.3855	− 0.21	+ 0.38	− 1.54
-	d	+ 0.8535	− 0.4370	+ 0.9405	− 2.31	− 1.60	− 3.33
-	η	+ 0.9275	− 0.1555	+ 0.7557	+ 0.82	+ 1.54	− 0.35

86 Austritte aus dem dunklen Rand:

					″	″	″
Greenwich	η	− 0.9382 (Δα − Δα')	+ 0.0110 (Δδ − Δδ')	− 0.2596 Δπ + Δr	− 0.05 = 0	− 0.08	+ 0.01
-	f	− 0.7403	− 0.6320	+ 0.2623	− 0.82	− 0.73	− 0.67
-	h	− 0.8789	− 0.3547	+ 0.0566	+ 0.73	+ 0.75	+ 0.89
Brüssel	9	− 0.6486	+ 0.7429	− 0.5612	+ 0.80	+ 0.85	+ 0.40
-	d	− 0.8814	− 0.3485	− 0.0508	+ 1.93	+ 1.94	+ 2.08
-	19	− 0.2184	− 1.0013	+ 0.7283	− 0.68	− 0.36	− 0.75
-	22	− 0.6550	− 0.7367	+ 0.3229	− 0.01	+ 0.12	+ 0.13
-	18	− 0.9336	+ 0.0925	− 0.2845	+ 0.80	+ 0.77	+ 0.83
-	p	− 0.9374	− 0.0104	− 0.2280	+ 0.80	+ 0.77	+ 0.87
-	η	− 0.9342	− 0.0959	− 0.1716	− 0.08	− 0.10	+ 0.02

Ort.	*					Δ	Δ'
					″	″	″
Brüssel	29	− 0.7355 (Δα − Δα')	+ 0.6364 (Δδ − Δδ')	− 0.4134 Δπ + Δr	+ 0.82 = 0	+ 0.83	+ 0.51
-	f	− 0.6652	− 0.7241	+ 0.3543	+ 0.11	+ 0.24	+ 0.25
-	h	− 0.8384	− 0.4602	+ 0.1552	− 0.38	− 0.34	− 0.22
-	32	− 0.8298	+ 0.4773	− 0.3019	+ 0.12	+ 0.11	− 0.07
Leiden (neu)	7	− 0.9255	+ 0.1870	− 0.3890	− 1.95	− 1.98	− 1.96
-	d	− 0.8928	− 0.3132	− 0.0546	+ 1.43	+ 1.44	+ 1.58
-	19	− 0.2773	− 0.9831	+ 0.7015	− 0.28	+ 0.01	− 0.32
-	22	− 0.6846	− 0.7046	+ 0.3139	− 0.70	− 0.58	− 0.55
-	15	− 0.9341	+ 0.1073	− 0.2775	− 0.87	− 0.90	− 0.84
-	p	− 0.9379	+ 0.0341	− 0.2340	− 0.195	− 0.22	− 0.14
-	η	− 0.9372	− 0.0518	− 0.1778	− 0.31	− 0.33	− 0.23
-	f	− 0.7010	− 0.6850	+ 0.3451	− 1.56	− 1.45	− 1.41
-	h	− 0.8597	− 0.4143	+ 0.1472	− 1.87	− 1.84	− 1.71
-	32	− 0.7952	+ 0.5449	− 0.3204	− 0.52	− 0.52	− 0.76
-	33	− 0.9359	− 0.0709	− 0.0387	− 1.275	− 1.30	− 1.19
-	36	− 0.8904	− 0.3185	+ 0.1350	+ 0.09	+ 0.10	+ 0.23
-	37	− 0.9219	+ 0.1957	− 0.1287	− 2.44	− 2.47	− 2.46
Utrecht	d	− 0.8882	− 0.3274	− 0.0419	+ 1.72	+ 1.74	+ 1.87
-	19	− 0.2556	− 0.9908	+ 0.7166	− 0.78	− 0.47	− 0.83
-	22	− 0.6733	− 0.7166	+ 0.3267	− 0.13	0.00	+ 0.01
-	15	− 0.9360	+ 0.0900	− 0.2635	− 1.32	− 1.35	− 1.29
-	18	− 0.9318	+ 0.1213	− 0.2772	− 0.10	− 0.13	− 0.08
-	p	− 0.9381	+ 0.0175	− 0.2202	− 0.09	− 0.11	− 0.03
-	η	− 0.9366	− 0.0681	− 0.1637	− 0.565	− 0.59	− 0.48
-	27	− 0.7288	+ 0.6469	− 0.4246	+ 0.19	+ 0.21	− 0.13
-	29	− 0.7006	+ 0.6824	− 0.4147	+ 0.64	+ 0.67	+ 0.30
-	f	− 0.6899	− 0.6973	+ 0.3579	− 0.82	− 0.71	− 0.68
-	31	− 0.7352	+ 0.6366	− 0.3484	+ 0.52	+ 0.54	+ 0.21
-	h	− 0.8536	− 0.4285	+ 0.1612	− 1.63	− 1.59	− 1.46
-	32	− 0.8080	+ 0.5236	− 0.3052	− 1.39	− 1.39	− 1.60
-	33	− 0.9343	− 0.0837	− 0.0253	− 0.53	− 0.55	− 0.44
-	37	− 0.9237	+ 0.1790	− 0.1133	− 1.46	− 1.49	− 1.47
Christiania	1	− 0.8530	+ 0.4316	− 0.4052	− 0.39	− 0.41	− 0.54
-	7	− 0.8939	+ 0.3121	− 0.3226	+ 0.68	+ 0.65	+ 0.60
-	d	− 0.9211	− 0.1965	+ 0.0252	+ 0.19	+ 0.18	+ 0.31
-	19	− 0.4445	− 0.9052	+ 0.6645	+ 0.47	+ 0.69	+ 0.52
-	s	− 0.1384	− 1.0169	+ 0.8742	− 0.025	+ 0.33	− 0.14
-	32	− 0.5053	+ 0.8663	− 0.3836	− 0.46	− 0.36	− 1.00

Ort	*					Δ	Δ'
Christiania	f	−0.8153(Δα−Δα')	−0.5070(Δδ−Δδ')	+0.3818Δπ+Δr	−0.26=0	−0.21	−0.10
″	h	−0.9171	−0.2093	+0.1828	0.00	−0.01	+0.13
″	37	−0.8260	+0.4829	−0.1727	+0.46	+0.45	+0.27
Berlin	f	−0.5819	−0.8019	+0.5009	+0.26	+0.42	+0.36
″	h	−0.7927	−0.5476	+0.3234	−1.57	−1.51	−1.41
″	32	−0.8799	+0.3578	−0.1307	−0.535	−0.56	−0.64
″	33	−0.9154	−0.2132	+0.1514	+0.13	+0.13	+0.26
″	35	−0.8904	−0.3138	+0.2325	+0.28	+0.29	+0.42
″	36	−0.8432	−0.4466	+0.3160	−1.23	−1.19	−1.07
″	37	−0.9359	+0.0474	+0.0673	−0.44	−0.46	−0.39
Wien	b	−0.8489	+0.4405	−0.4900	+0.37	+0.35	+0.21
″	7	−0.9175	−0.2132	−0.1290	+1.19	+1.19	+1.32
″	d	−0.7234	−0.6557	+0.2134	+0.18	+0.28	+0.34
″	10	−0.8153	+0.5094	−0.4040	+0.28	+0.27	+0.08
″	13	−0.6921	−0.6949	+0.2730	−0.09	+0.02	+0.05
″	p	−0.8743	−0.3687	+0.0560	+1.29	+1.32	+1.44
″	18	−0.9032	−0.2788	+0.0022	−0.27	−0.26	−0.13
″	η	−0.8462	−0.4452	+0.1121	−0.59	−0.55	−0.43
″	24	−0.9042	+0.2716	−0.2417	+0.42	+0.39	+0.36
″	h	−0.6269	−0.7632	+0.4209	+0.60	+0.74	+0.72
″	31	−0.9276	+0.1446	−0.0176	−0.22	−0.25	−0.21
″	33	−0.8354	−0.4656	+0.2695	−0.31	−0.27	−0.14
″	32	−0.9348	+0.0572	+0.0269	+0.42	+0.39	+0.46
Danzig	b	−0.7321	+0.6432	−0.4939	+1.10	+1.12	+0.79
″	d	−0.8192	−0.5017	+0.2114	+0.21	+0.26	+0.37
″	η	−0.9098	−0.2433	+0.1032	+1.31	+1.31	+1.44
″	h	−0.7921	−0.5512	+0.4064	−1.19	−1.12	−1.02
Wilna	b	−0.8281	+0.4837	−0.3789	+0.93	+0.92	+0.74
″	d	−0.7624	−0.5971	+0.3362	+1.51	+1.59	+1.68
″	9	−0.8786	+0.3561	−0.2272	+1.72	+1.70	+1.61
″	η	−0.8829	−0.3383	+0.2365	+2.42	+2.43	+2.56
″	f	−0.5001	−0.8690	+0.6605	+0.18	+0.38	+0.26
″	h	−0.7505	−0.6179	+0.5187	−1.61	−1.52	−1.44
Nikolajew	b	−0.9383	−0.0245	−0.1474	+0.85	+0.82	+0.92
″	d	−0.3774	−0.9424	+0.5411	−0.37	−0.12	−0.36
″	8	−0.9311	−0.1321	+0.0246	−0.40	−0.42	−0.30
″	9	−0.9261	−0.1632	+0.0420	+0.48	+0.47	+0.59
″	η	−0.6254	−0.7658	+0.4437	+0.33	+0.48	+0.46

IX. 1876 October 6.

27 Eintritte in den hellen Rand:

Ort.	*					Δ	Δ'
					"	"	"
Strassburg	b	+ 0.6804 (Δα−Δα')	+ 0.6226 (Δδ−Δδ')	+ 0.3585 Δπ+Δr	+ 0.465−0	+ 1.51	— 0.38
-	g	+ 0.0062	+ 0.9726	— 0.3289	— 0.515	+ 0.10	— 1.27
-	d	+ 0.8013	— 0.4193	+ 1.0813	— 1.91	— 1.06	— 2.59
-	c	+ 0.1269	+ 0.9575	— 0.2151	+ 0.09	+ 0.80	— 0.68
-	p	+ 0.8786	— 0.1239	+ 0.9310	— 0.45	+ 0.54	— 1.19
-	η	+ 0.8604	— 0.2232	+ 0.9694	+ 0.53	+ 1.48	— 0.20
Kiel	b	+ 0.6409	+ 0.6731	+ 0.2081	— 0.92	+ 0.11	— 1.75
-	g	— 0.2251	+ 0.9414	— 0.4862	— 1.22	— 0.79	— 1.93
-	d	+ 0.8397	— 0.3163	+ 0.9791	— 2.06	— 1.15	— 2.76
-	c	— 0.0328	+ 0.9680	— 0.3706	— 0.72	— 0.13	— 1.46
-	p	+ 0.8878	— 0.0268	+ 0.7934	— 3.03	— 2.00	— 3.79
-	η	+ 0.8761	— 0.1208	+ 0.8379	+ 1.08	+ 2.07	+ 0.33
Leipzig	b	+ 0.6982	+ 0.5999	+ 0.3453	— 0.39	+ 0.66	— 1.22
-	g	+ 0.0721	+ 0.9713	— 0.2931	— 2.32	— 1.66	— 3.09
-	d	+ 0.7845	— 0.4548	+ 1.0435	— 1.54	— 0.71	— 2.20
-	c	+ 0.1768	+ 0.9526	— 0.1960	— 0.11	+ 0.63	— 0.90
-	η	+ 0.8542	— 0.2525	+ 0.9237	+ 0.58	+ 1.51	— 0.14
-	24	+ 0.8128	+ 0.3910	+ 0.5252	— 2.23	— 1.15	— 3.05
-	29	+ 0.8538	+ 0.2622	+ 0.5929	— 2.32	— 1.25	— 3.13
-	32	+ 0.8805	+ 0.1025	+ 0.6588	— 1.43	— 0.38	— 2.21
Berlin	g	+ 0.0601	+ 0.9714	— 0.3097	— 1.51	— 0.85	— 2.27
-	d	+ 0.7883	— 0.4457	+ 1.0252	— 1.10	— 0.27	1.76
-	c	+ 0.1653	+ 0.9546	— 0.2161	+ 0.29	+ 1.02	— 0.50
-	p	+ 0.8735	— 0.1471	+ 0.8594	+ 1.595	+ 2.57	+ 0.85
-	η	+ 0.8555	— 0.2454	+ 0.9013	+ 0.25	+ 1.19	— 0.47
-	24	+ 0.8081	+ 0.3984	+ 0.4933	— 0.65	+ 0.43	— 1.47
Breslau	η	+ 0.8144	— 0.3826	+ 0.9384	— 0.80	+ 0.07	— 1.49

38 Austritte aus dem dunklen Rand:

Strassburg	b	— 0.8807 (Δα−Δα')	— 0.1212 (Δδ−Δδ')	— 0.2583 Δπ+Δr	+ 0.105−0	— 0.26	— 0.28
-	d	— 0.2622	— 0.9319	+ 0.6211	+ 0.85	+ 0.74	+ 0.48
-	c	— 0.7383	+ 0.5360	— 0.5133	— 0.52	— 0.60	— 1.04

Ort	*					Δ	Δ'
					"	"	"
Strassburg	15	−0.5533($\triangle\alpha-\triangle\alpha'$)	−0.7575($\triangle\delta-\triangle\delta$)'	+0.3346 $\triangle\pi+\triangle r$	+0.45=0	+0.17	+0.11
-	p	−0.4999	−0.8012	+0.3894	+0.33	+0.07	−0.01
-	η	−0.4252	−0.8522	+0.4608	−0.14	−0.35	−0.49
-	18	−0.5693	−0.7428	+0.3177	+0.70	+0.41	+0.36
-	24	−0.8131	−0.3831	+0.0031	−0.57	−0.95	−0.92
-	27	−0.7534	−0.5097	+0.1232	−0.89	−1.26	−1.23
-	29	−0.7524	−0.5106	+0.1342	−0.615	−0.98	−0.95
-	31	−0.7064	−0.5839	+0.2195	−0.565	−0.92	−0.89
-	32	−0.6604	−0.6449	+0.2694	+0.18	−0.16	−0.16
-	37	−0.4249	−0.8522	+0.4768	−0.52	−0.73	−0.87
-	39	−0.6714	−0.6302	+0.3038	+0.04	−0.29	−0.29
Kiel	g	−0.4508	+0.8371	−0.5443	−0.33	−0.10	−0.97
-	b	−0.8855	−0.0317	−0.2217	+1.345	+1.00	+0.95
-	c	−0.6099	+0.7011	−0.5055	+2.21	+2.28	+1.63
-	d	−0.3735	−0.8794	+0.6018	+1.36	+1.19	+1.01
-	p	−0.5907	−0.7205	+0.3990	+1.78	+1.48	+1.45
-	η	−0.5278	−0.7765	+0.4624	+2.03	+1.76	+1.70
Leipzig	g	−0.6905	+0.6076	−0.5252	+0.615	+0.60	+0.07
-	b	−0.8738	−0.1449	−0.1799	+1.815	+1.45	+1.44
-	d	−0.2289	−0.9434	+0.6779	−0.13	−0 21	−0.49
-	c	−0.7596	+0.4998	−0.4536	−0.60	−0.70	−1.12
-	12	−0.5867	+0.7252	−0.4384	+1.34	+1.44	+0.75
-	η	−0.4053	−0.8634	+0.5246	+0.18	−0.02	−0.17
-	24	−0.8069	−0.3971	+0.0890	−0.195	−0.57	−0.54
-	37	−0.4299	−0.8488	+0.5339	−0.41	−0.63	−0.76
Bilk	b	−0.8840	−0.0328	−0.2814	+1.06	+0.72	+0.67
-	η	−0.5120	−0.7900	+0.4202	+1.71	+1.46	+1.38
Berlin	g	−0.6823	+0.6194	−0.5161	+0.09	+0.08	−0.46
-	b	−0.8754	−0.1366	−0.1626	+1.36	+1.00	+0.96
-	d	−0.2407	−0.9350	+0.4336	+0.11	+0.02	−0.26
-	c	−0.7506	+0.5152	−0.4438	−0.26	−0.34	−0.78
-	η	−0.4203	−0.8549	+0.5329	−0.025	−0.23	−0.37
Prag	d	−0.1110	−0.9650	+0.7370	−0.82	−0.82	−1.21
-	η	−0.3134	−0.9082	+0.5753	+0.38	+0.25	+0.03
Breslau	η	−0.2836	−0.9197	+0.6115	+0.55	+0.43	+0.18

Jede der obigen Gleichungen enthält sechs Unbekannte, und zwar sind $\triangle\alpha$ und $\triangle\delta$ die gesuchten Verbesserungen der angenommenen Rectascension und Declination des Mondes, $\triangle\alpha'$ und $\triangle\delta'$ dieselben Grössen für den bedeckten Stern, $\triangle\pi$ und $\triangle r$ die Fehler der Horizontaläquatorealparallaxe und des mittleren scheinbaren Radius des Mondes, sämmtlich dabei in Bogensecunden verstanden. Ganz streng genommen müssen alle sechs als in jeder Gleichung verschiedenwerthig aufgefasst werden. Nimmt man aber an, dass die Tafeln die Bewegung des Mondes in AR., Decl. und Parallaxe für die Dauer einer Plejadenbedeckung genau angeben, dass weiter die von Bessel bestimmten relativen Oerter der Plejadensterne gegen die Alcyone fehlerfrei seien, und sieht man endlich von den Ungleichheiten der Mondoberfläche ab, weil dieselben regellos sind und ihre Wirkung sich mit den zufälligen Beobachtungsfehlern mischt, so reduciren sich die Unbekannten auf vier für je Einen Durchgang constante Grössen, die wir für den ersten derselben mit $\triangle\alpha_1$ $\triangle\delta_1$ $\triangle r_1$ $\triangle\pi_1$ und entsprechend für die übrigen bezeichnen wollen. Von diesen 36 Unbekannten sind $\triangle r_1$ $\triangle r_2$ . . $\triangle r_9$ als identisch anzusehen und durch Eine: $\triangle r$ ersetzbar, so dass im Ganzen 540 Gleichungen mit 28 Unbekannten zur Auflösung vorliegen.

Die Auflösung der Bedingungsgleichungen; Resultate.

Die Beobachtungen haben uns den Werth einer gewissen linearen Function von vier Variabeln: $F = a\triangle\alpha + b\triangle\delta + c\triangle r + d\triangle\pi$, wo a, b, c und d die veränderlichen Grössen und $\triangle\alpha$, $\triangle\delta$, $\triangle r$ und $\triangle\pi$ constante — so lange wir nur Eine bestimmte Plejadenbedeckung ins Auge fassen — aber uns unbekannte Coefficienten sind, für verschiedene Werthe der Variabeln geliefert, und es ist jetzt unsere Aufgabe, hieraus die Unbekannten zu bestimmen.[1]) Wären die aus den Beobachtungen abgeleiteten Beträge von F vollkommen fehlerfrei, so genügten ihrer vier, um die Unbekannten in aller Strenge zu berechnen. Da dies nun aber selbstredend durchaus nicht der Fall ist, so müssen, um der Wahrheit möglichst nahe zu kommen, so viel Gleichungen wie nur möglich zur Bestimmung der Unbekannten herangezogen werden, welche dann nach der Methode der kleinsten Quadrate vorzunehmen ist. Eine Hauptvorschrift dieser letzteren ist es aber, dass die einzelnen Bedingungsgleichungen nur in dem Maasse ihrer Genauigkeit zum Resultate stimmen dürfen, d. h. der Genauigkeit, mit welcher die Beobachtungen die einzelnen Werthe von F gegeben haben.

Von allen diese Werthe beeinflussenden Fehlerquellen sind besonders zwei hervorzuheben. Die erste ist die der Reduction zu Grunde gelegte Annahme, dass der zur Gesichtslinie senkrechte Querschnitt des Mondes genau ein Kreis sei, während in Wirklichkeit dies nur im Allgemeinen richtig ist, da der scheinbare Rand des Mondes wegen der Berge und Thäler der Mondoberfläche schon bei schwächeren Vergrösserungen im Fernrohre ausgezackt erscheint.[2]) Diese Unregelmässigkeiten gehen mit ihrem vollen Betrage in die

---

[1]) Die Grösse F kann man sich am einfachsten vorstellen als den scheinbaren und auf mittlere Entfernung reducirten Abstand zwischen je zwei entsprechenden Punkten der Ränder des wahren und eines gewissen ideellen Mondes, bei welch' letzterem die Bahn, Entfernung und Grösse zwar beliebig, aber doch von der Wirklichkeit möglichst wenig abweichend angenommen worden ist.

[2]) Nach J. Schmidt's Messungen kommen Auszackungen des Mondrandes: Erhebungen über den Rand plus Einschnitte in den Rand, von 5" und selbst darüber mehrfach vor; über ausgedehntere Abweichungen von der Kreisform vergleiche man auch die Heliometermessungen von Wichmann am 1. Juli 1846 (Astr. Nachr. Bd. 29, pag. 1).

beobachteten Werthe von F ein; ihre Stärke muss im Grossen und Ganzen für alle Theile des Randes gleich geschätzt werden (die Gegend des Südpoles vielleicht ausgenommen, wo bei gewisser Libration besonders hohe Randgebirge auftauchen), und es wird also auch der aus dieser Ursache für F zu befürchtende Fehler für die verschiedenen Randpunkte derselbe sein, und allen Bedingungsgleichungen das nämliche Gewicht beigelegt werden müssen.

Die zweite Fehlerquelle ist die, dass der Beobachter bei der Schätzung des Zeitmomentes einer Bedeckung kleine Fehler begeht, wie dies ohne Weiteres aus den Unterschieden zwischen den Zahlen verschiedener Beobachter derselben Bedeckung an demselben Orte zu ersehen ist. Bei guten Beobachtungen, — und nur solche, grösstentheils dabei noch auf den Angaben Mehrerer beruhende, sind berücksichtigt, — wird dieser Fehler, welcher $\triangle t$ heisse, nur wenige Zehntel der Zeitsecunde betragen und im Durchschnitt 0ˢ5 nicht übersteigen. Derselbe wird ferner, da der scheinbare Durchmesser eines Fixsternes als verschwindend klein betrachtet werden muss[1]), gleich gross sein, ob der Stern senkrecht oder schräge gegen den Mondrand traf; sein Einfluss auf den Werth von F aber, welcher nach pag. 311 gleich $(ma+nb)\triangle t$ ist, wird um so kleiner, je schräger der Appuls erfolgte. Wir können uns die Wirkung von $\triangle t$ auf F am besten so zur Vorstellung bringen, dass wir uns denken, eine zweite Wellenlinie lagere sich über den Mondrand, deren Amplituden jedoch nicht, wie bei der ersten, überall gleich hoch sind, sondern in den beiden in der Bahnrichtung des Centrums gelegenen Randpunkten Maxima haben, und sich von da nach den Hörnern zu bis zum völligen Verschwinden abflachen. Selbst dies Maximum aber, welches für $\triangle t = 0^s5$ noch nicht 0″3 erreichen würde, bleibt hinter der Höhe der Randberge bedeutend zurück. Bedenkt man weiter, dass der Werth von $\triangle t$ je nach den Umständen, unter denen die Beobachtung gemacht ist, verschieden angenommen werden müsste,

[1]) Von dem wahrscheinlich uns nächsten Fixsterne α Centauri aus erscheint der Durchmesser der Sonne unter einem Winkel von ca. 0″01; man wird demnach die scheinbaren Durchmesser der Plejadensterne, da diese jedenfalls weiter als α Centauri von uns entfernt sind, als unter 0″01 liegend annehmen können. Letztere Strecke legt der Mond in seiner scheinbaren Bahn in etwa 0ˢ02 zurück, und es wird sich somit ein allmähliches Verschwinden der Sterne wegen ihres Durchmessers nur in ganz extremen Fällen dem Auge des Beobachters bemerkbar machen können.

— er wird ein anderer sein für den vorangehenden und nachfolgenden, für den hellen und dunklen (sichtbaren und unsichtbaren) Rand; er wird bedingt sein durch die Luftbeschaffenheit, die Helligkeit des Sternes, die Stärke des Fernrohres, die Aufmerksamkeit des Beobachters etc., — so wird man dahin gedrängt, die zweite unbedeutendere Fehlerquelle lieber ganz unbeachtet zu lassen. Es wäre anderenfalls auch kein Grund einzusehen, warum nicht noch eine dritte und vierte berücksichtigt werden sollten, nämlich der Fehler der Zeitbestimmung und Länge, und der Fehler des relativen Sternortes, welche beide wohl für Grössen derselben Ordnung wie der Zeitschätzungsfehler bei einer gut beobachteten Sternbedeckung zu halten sein möchten, deren Berücksichtigung aber völlig undurchführbar erscheint.

Diesen Erwägungen gemäss habe ich also, und bin darin nur dem Vorgange Bessel's gefolgt (Astr. Nachr. Bd. 3, pag. 26 Anm.), die Fehler allein den Unebenheiten des Randes zugeschrieben und dementsprechend allen Bedingungsgleichungen dasselbe Gewicht gegeben. Consequenterweise darf man dann auch nicht, wenn für dasselbe Moment (d. h. Appuls desselben Sterns von derselben Sternwarte gesehen; von einer anderen Sternwarte aus beobachtet wird, wegen der parallaktischen Verschiebung, der Stern an eine andere Randstelle treffen) Angaben von verschiedenen Beobachtern vorliegen, diese getrennt in Rechnung führen; oder, mit anderen Worten, wenn, wie dies oben geschehen ist, die Zeiten in Mittel zusammengefasst worden sind, so muss man allen Bedingungsgleichungen, gleichviel, ob sie auf der Beobachtung Eines oder Mehrerer beruhen, dasselbe Gewicht geben, und darf sie nicht, wozu man leicht versucht sein könnte, vor der Ausgleichung mit der Quadratwurzel aus der Anzahl der Beobachter multipliciren.

Man wird in anderen Bearbeitungen von Sternbedeckungen zum Theil Principien bei der Abschätzung der Gewichte der Beobachtungen befolgt finden, welche von den eben entwickelten ganz verschieden sind, und habe ich deshalb geglaubt, mich über diesen Gegenstand hier etwas weitläufiger auslassen zu dürfen; es scheint, dass nicht immer gehörig darauf geachtet worden ist, was eigentlich bei der Reduction als Beobachtungsdatum angesehen sei, und dass z. B. Conjunctionszeiten mit Abständen vom Rande verwechselt worden sind.

Es sollen nun zunächst die einzelnen Durchgänge getrennt behandelt werden. Bei jedem resultiren aus den zugehörigen, im vorigen Abschnitt an-

gegebenen Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate vier Normalgleichungen, deren Auflösung die vier Unbekannten $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$, Δr und $\Delta\pi$ unabhängig von einander liefert. Will man hier auf die Bestimmung von $\Delta\pi$ verzichten, so ist nur die letzte dieser Gleichungen zu streichen, worauf dann die drei übrigbleibenden $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ und Δr als Functionen von $\Delta\pi$ geben.

Beide Auflösungen sind im Folgenden nebst ihren wahrscheinlichen Fehlern (der w. Fehler Einer Beobachtung ist mit ε bezeichnet) angeführt, und ist dabei zu bemerken, dass letztere bei der zweiten so berechnet sind, als wenn die Mondtafeln die Parallaxen genau richtig gegeben hätten. — Die constanten Glieder der Gleichungen sind übrigens, mit Ausnahme allein des V. Durchganges, nicht schon Bogensecunden, welche Einheit bei der Ausgleichung nicht bequem war, sondern müssen zuvor noch mit dem constanten Coefficienten (log = 7.797925) multiplicirt werden; die Resultate dagegen sind überall in Bogensecunden angegeben.

I.
$$+31.8358\,\Delta\alpha_1 + 5.3844\,\Delta\delta_1 + 31.2140\,\Delta r_1 - 15.8734\,\Delta\pi_1 + 2676.174 = 0$$
$$+5.3844\,\Delta\alpha_1 + 15.5417\,\Delta\delta_1 + 7.7620\,\Delta r_1 - 12.3309\,\Delta\pi_1 + 2159.823 = 0$$
$$+31.2140\,\Delta\alpha_1 + 7.7620\,\Delta\delta_1 + 59.0000\,\Delta r_1 - 10.0280\,\Delta\pi_1 + 1726.000 = 0$$
$$-15.8734\,\Delta\alpha_1 - 12.3309\,\Delta\delta_1 - 10.0280\,\Delta r_1 + 16.2540\,\Delta\pi_1 - 2894.262 = 0$$

$$\begin{cases}\Delta\alpha_1 = +2''.995 \pm 1''.069\\ \Delta\delta_1 = +3.290 \pm 1.189\\ \Delta r_1 = -1.217 \pm 0.445\\ \Delta\pi_1 = +5.788 \pm 1.674\end{cases}\qquad \varepsilon = \pm 0.628$$

$$\begin{cases}\Delta\alpha_1 = -0''.658 \pm 0''.167 + 0.6311\,\Delta\pi_1\\ \Delta\delta_1 = -0.778 \pm 0.172 + 0.7028\,\Delta\pi_1\\ \Delta r_1 = +0.267 \pm 0.123 - 0.2564\,\Delta\pi_1\end{cases}\qquad \varepsilon = \pm 0.653$$

II.
$$+33.2157\,\Delta\alpha_2 + 6.6105\,\Delta\delta_2 - 18.0310\,\Delta r_2 + 10.9136\,\Delta\pi_2 + 3336.326 = 0$$
$$+6.6105\,\Delta\alpha_2 + 25.9280\,\Delta\delta_2 - 14.6640\,\Delta r_2 - 18.2767\,\Delta\pi_2 - 904.146 = 0$$
$$-18.0310\,\Delta\alpha_2 - 14.6640\,\Delta\delta_2 + 69.0000\,\Delta r_2 + 16.3690\,\Delta\pi_2 - 1121.000 = 0$$
$$+10.9136\,\Delta\alpha_2 - 18.2767\,\Delta\delta_2 + 16.3690\,\Delta r_2 + 23.9190\,\Delta\pi_2 + 2314.827 = 0$$

$$\begin{cases}\Delta\alpha_2 = -2''.374 \pm 0''.873\\ \Delta\delta_2 = +2.393 \pm 1.048\\ \Delta r_2 = -0.664 \pm 0.357\\ \Delta\pi_2 = +2.759 \pm 1.438\end{cases}\qquad \varepsilon = + 0.615$$

$$\begin{cases}\Delta\alpha_2 = -0''.710 \pm 0''.117 - 0.6034\,\Delta\pi_2\\ \Delta\delta_2 = +0.401 \pm 0.130 + 0.7222\,\Delta\pi_2\\ \Delta r_2 = +0.002 \pm 0.084 - 0.2419\,\Delta\pi_2\end{cases}\qquad \varepsilon = \pm 0.619$$

$$\text{III.}\quad\begin{aligned}
&+13.2455\,\Delta\alpha_3 + 0.8254\,\Delta\delta_3 - 5.9660\,\Delta r_3 + 5.3596\,\Delta\pi_3 - 606.974 = 0\\
&+0.8254\,\Delta\alpha_3 + 9.9206\,\Delta\delta_3 + 5.6120\,\Delta r_3 - 5.4262\,\Delta\pi_3 - 280.184 = 0\\
&-5.9660\,\Delta\alpha_3 + 5.6120\,\Delta\delta_3 + 29.0000\,\Delta r_3 - 0.2060\,\Delta\pi_3 - 1206.000 = 0\\
&+5.3596\,\Delta\alpha_3 - 5.4262\,\Delta\delta_3 - 0.2060\,\Delta r_3 + 7.0383\,\Delta\pi_3 - 413.092 = 0
\end{aligned}$$

$$\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_3 &= +1.679'' \pm 1.597''\\
\Delta\delta_3 &= -1.663 \pm 2.081\\
\Delta r_3 &= +0.913 \pm 0.723\\
\Delta\pi_3 &= -2.165 \pm 2.805\\
\varepsilon &= \pm 0.769
\end{aligned}\right.
\qquad
\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_3 &= +0.458'' \pm 0.223'' - 0.5637\,\Delta\pi_3\\
\Delta\delta_3 &= -0.069 \pm 0.260 + 0.7361\,\Delta\pi_3\\
\Delta r_3 &= +0.369 \pm 0.159 - 0.2513\,\Delta\pi_3\\
\varepsilon &= \pm 0.758
\end{aligned}\right.$$

$$\text{IV.}\quad\begin{aligned}
&+13.3986\,\Delta\alpha_4 + 2.3141\,\Delta\delta_4 + 8.6200\,\Delta r_4 + 8.3129\,\Delta\pi_4 - 1093.109 = 0\\
&+2.3141\,\Delta\alpha_4 + 9.8536\,\Delta\delta_4 + 9.4470\,\Delta r_4 - 2.4605\,\Delta\pi_4 - 2050.187 = 0\\
&+8.6200\,\Delta\alpha_4 + 9.4470\,\Delta\delta_4 + 30.0000\,\Delta r_4 + 6.1990\,\Delta\pi_4 - 5610.000 = 0\\
&+8.3129\,\Delta\alpha_4 - 2.4605\,\Delta\delta_4 + 6.1990\,\Delta r_4 + 8.1152\,\Delta\pi_4 - 894.970 = 0
\end{aligned}$$

$$\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_4 &= -2.203'' \pm 0.578''\\
\Delta\delta_4 &= +2.263 \pm 0.623\\
\Delta r_4 &= +0.408 \pm 0.263\\
\Delta\pi_4 &= +3.324 \pm 0.954\\
\varepsilon &= \pm 0.596
\end{aligned}\right.
\qquad
\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_4 &= -0.289'' \pm 0.195'' - 0.5757\,\Delta\pi_4\\
\Delta\delta_4 &= +0.242 \pm 0.246 + 0.6079\,\Delta\pi_4\\
\Delta r_4 &= +1.181 \pm 0.153 - 0.2326\,\Delta\pi_4\\
\varepsilon &= \pm 0.644
\end{aligned}\right.$$

$$\text{V.}\quad\begin{aligned}
&+59.3015\,\Delta\alpha_5 + 2.1821\,\Delta\delta_5 + 54.5140\,\Delta r_5 + 2.3673\,\Delta\pi_5 + 495.8323'' = 0\\
&+2.1821\,\Delta\alpha_5 + 17.7790\,\Delta\delta_5 - 8.2470\,\Delta r_5 - 12.0078\,\Delta\pi_5 + 113.5925 = 0\\
&+54.5140\,\Delta\alpha_5 - 8.2470\,\Delta\delta_5 + 97.0000\,\Delta r_5 + 22.7180\,\Delta\pi_5 + 385.6900 = 0\\
&+2.3673\,\Delta\alpha_5 - 12.0078\,\Delta\delta_5 + 22.7180\,\Delta r_5 + 13.6989\,\Delta\pi_5 - 48.8477 = 0
\end{aligned}$$

$$\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_5 &= -8.910'' \pm 0.234''\\
\Delta\delta_5 &= -5.988 \pm 0.417\\
\Delta r_5 &= +0.909 \pm 0.276\\
\Delta\pi_5 &= -1.649 \pm 0.763\\
\varepsilon &= \pm 0.710
\end{aligned}\right.
\qquad
\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_5 &= -8.505'' \pm 0.140'' + 0.2459\,\Delta\pi_5\\
\Delta\delta_5 &= -5.176 \pm 0.182 + 0.4919\,\Delta\pi_5\\
\Delta r_5 &= +0.363 \pm 0.112 - 0.3306\,\Delta\pi_5\\
\varepsilon &= \pm 0.715
\end{aligned}\right.$$

$$\text{VI.}\quad\begin{aligned}
+13.4283\,\Delta\alpha_6 + 6.3404\,\Delta\delta_6 - 6.9860\,\Delta r_6 + 0.6718\,\Delta\pi_6 - 2736.462 &= 0\\
+6.3404\,\Delta\alpha_6 + 16.6073\,\Delta\delta_6 - 18.9150\,\Delta r_6 - 10.8709\,\Delta\pi_6 - 4990.453 &= 0\\
-6.9860\,\Delta\alpha_6 - 18.9150\,\Delta\delta_6 + 35.0000\,\Delta r_6 + 15.6260\,\Delta\pi_6 + 4700.000 &= 0\\
+0.6718\,\Delta\alpha_6 - 10.8709\,\Delta\delta_6 + 15.6260\,\Delta r_6 + 10.3025\,\Delta\pi_6 + 2735.447 &= 0
\end{aligned}$$

$$\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_6 &= +0.^{\prime\prime}932 \pm 0.^{\prime\prime}465\\
\Delta\delta_6 &= +1.626 \pm 0.600\\
\Delta r_6 &= +0.703 \pm 0.280\\
\Delta\pi_6 &= -1.079 \pm 0.994
\end{aligned}\right.\qquad
\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_6 &= +0.^{\prime\prime}464 \pm 0.^{\prime\prime}174 - 0.4330\,\Delta\pi_6\\
\Delta\delta_6 &= +2.223 \pm 0.238 + 0.5539\,\Delta\pi_6\\
\Delta r_6 &= +0.451 \pm 0.157 - 0.2335\,\Delta\pi_6
\end{aligned}\right.$$

$$\varepsilon = \pm 0.580 \qquad\qquad \varepsilon = \pm 0.576$$

$$\text{VII.}\quad\begin{aligned}
+24.7999\,\Delta\alpha_7 - 1.9993\,\Delta\delta_7 + 23.0580\,\Delta r_7 - 7.3665\,\Delta\pi_7 + 674.466 &= 0\\
-1.9993\,\Delta\alpha_7 + 10.0619\,\Delta\delta_7 - 8.4310\,\Delta r_7 - 8.3759\,\Delta\pi_7 + 1570.869 &= 0\\
+23.0580\,\Delta\alpha_7 - 8.4310\,\Delta\delta_7 + 42.0000\,\Delta r_7 + 3.4090\,\Delta\pi_7 - 3191.000 &= 0\\
-7.3665\,\Delta\alpha_7 - 8.3759\,\Delta\delta_7 + 3.4090\,\Delta r_7 + 11.6236\,\Delta\pi_7 - 2373.459 &= 0
\end{aligned}$$

$$\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_7 &= -1.^{\prime\prime}804 \pm 1.^{\prime\prime}021\\
\Delta\delta_7 &= -1.076 \pm 1.235\\
\Delta r_7 &= +1.335 \pm 0.472\\
\Delta\pi_7 &= -1.028 \pm 1.660
\end{aligned}\right.\qquad
\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_7 &= -1.^{\prime\prime}184 \pm 0.^{\prime\prime}199 + 0.6028\,\Delta\pi_7\\
\Delta\delta_7 &= -0.326 \pm 0.239 + 0.7296\,\Delta\pi_7\\
\Delta r_7 &= +1.062 \pm 0.166 - 0.2657\,\Delta\pi_7
\end{aligned}\right.$$

$$\varepsilon = \pm 0.676 \qquad\qquad \varepsilon = \pm 0.668$$

$$\text{VIII.}\quad\begin{aligned}
+76.9371\,\Delta\alpha_8 + 11.1992\,\Delta\delta_8 - 44.7220\,\Delta r_8 + 15.6220\,\Delta\pi_8 - 2303.770 &= 0\\
+11.1992\,\Delta\alpha_8 + 28.1563\,\Delta\delta_8 - 9.4940\,\Delta r_8 - 13.3747\,\Delta\pi_8 + 76.118 &= 0\\
-44.7220\,\Delta\alpha_8 - 9.4940\,\Delta\delta_8 + 114.0000\,\Delta r_8 + 19.9820\,\Delta\pi_8 - 3935.000 &= 0\\
+15.6220\,\Delta\alpha_8 - 13.3747\,\Delta\delta_8 + 19.9820\,\Delta r_8 + 22.0027\,\Delta\pi_8 - 2439.173 &= 0
\end{aligned}$$

$$\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_8 &= +0.^{\prime\prime}146 \pm 0.^{\prime\prime}347\\
\Delta\delta_8 &= +0.264 \pm 0.428\\
\Delta r_8 &= +0.195 \pm 0.237\\
\Delta\pi_8 &= +0.576 \pm 0.715
\end{aligned}\right.\qquad
\left\{\begin{aligned}
\Delta\alpha_8 &= +0.^{\prime\prime}414 \pm 0.^{\prime\prime}099 - 0.4649\,\Delta\pi_8\\
\Delta\delta_8 &= -0.055 \pm 0.145 + 0.5549\,\Delta\pi_8\\
\Delta r_8 &= +0.375 \pm 0.080 - 0.3114\,\Delta\pi_8
\end{aligned}\right.$$

$$\varepsilon = \pm 0.749 \qquad\qquad \varepsilon = \pm 0.747$$

$$\text{IX.}\quad \begin{aligned} &+27.2680\,\triangle\alpha_9 + 5.7426\,\triangle\delta_9 - 6.1660\,\triangle r_9 + 11.3397\,\triangle\pi_9 - 3241.834 = 0\\ &+5.7426\,\triangle\alpha_9 + 28.5162\,\triangle\delta_9 - 6.8480\,\triangle r_9 - 15.1662\,\triangle\pi_9 - 1552.576 = 0\\ &-6.1660\,\triangle\alpha_9 - 6.8480\,\triangle\delta_9 + 65.0000\,\triangle r_9 + 17.2570\,\triangle\pi_9 - 1015.000 = 0\\ &+11.3397\,\triangle\alpha_9 - 15.1662\,\triangle\delta_9 + 17.2570\,\triangle r_9 + 20.3812\,\triangle\pi_9 - 1228.144 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \triangle\alpha_9 = +2''.263 \pm 1''.065\\ \triangle\delta_9 = -1.260 \pm 1.049\\ \triangle r_9 = +0.855 \pm 0.467\\ \triangle\pi_9 = -2.542 \pm 1.764\\ \qquad \varepsilon = \pm 0.688 \end{cases} \qquad \begin{cases} \triangle\alpha_9 = +0''.740 \pm 0''.135 - 0.5990\,\triangle\pi_9\\ \triangle\delta_9 = +0.239 \pm 0.133 + 0.5900\,\triangle\pi_9\\ \triangle r_9 = +0.193 \pm 0.087 - 0.2602\,\triangle\pi_9\\ \qquad \varepsilon = \pm 0.688 \end{cases}$$

Die ersten Auflösungen, bei welchen die Parallaxen mit bestimmt sind, haben folgende Werthe für die Verbesserung des angenommenen Radius mit den nebenstehenden Gewichten ergeben:

Durchgang			Zahl der Momente	Δr	Gewicht von Δr	w. F. E. B. ε	Gew. von ε	Geoc. Libration in Länge	Breite
				"		"		°	°
1839	III	19	52 Ed, 7 Ah	− 1.217	1.991	± 0.628	55	+ 5.1	− 6.1
1841	VIII	10	20 Eh, 49 Ad	− 0.664	2.971	615	65	− 6.6	− 6.5
1857	X	6	11 Eh, 18 Ad	+ 0.913	1.130	769	25	+ 2.2	− 6.0
1857	XI	30	22 Ed, 8 Ah	+ 0.408	5.134	596	26	− 1.1	− 5.9
1858	II	20	83 Ed, 14 Ah	+ 0.909	6.641	710	93	− 1.8	− 6.4
1858	VIII	30	8 Eh, 27 Ad	+ 0.703	4.265	580	31	− 3.5	− 6.7
1859	IV	6	36 Ed, 6 Ah	+ 1.335	2.049	676	38	− 4.2	− 6.7
1860	IX	6	28 Eh, 86 Ad	+ 0.195	10.012	749	110	− 6.4	− 5.9
1876	X	6	27 Eh, 38 Ad	+ 0.855	2.169	688	61	− 3.3	− 6.3

Im Mittel erhält man hieraus, wenn der w. Fehler Einer Beobachtung als durchweg gleich angenommen wird, wozu man bei der guten Uebereinstimmung der für denselben an den einzelnen Tagen gefundenen Werthe berechtigt ist, mit Rücksicht auf die Gewichte: $\triangle r = +0''.393$ mit dem Gewicht 36,362; desgleichen ε im Mittel gleich $\pm 0''.681$, und hiermit den wahrscheinlichen Fehler von $\triangle r$ gleich $0''.681/\sqrt{36.362} = \pm 0''.113$. Wir haben also:

$$r = 15' \; 32''.980 \qquad \text{w. F} \pm 0''.113, \text{ oder}$$
$$k = 0.272615 \qquad \text{w. F} \pm 0.000033.$$

Zur Controle kann man ε auch aus den Abweichungen der neun einzelnen $\triangle r$ von ihrem Mittelwerthe berechnen; man findet dann

$$\varepsilon = 0.67449 \sqrt{\frac{13.625}{8}} = \pm 0''.880,$$

womit der w. Fehler des Mittels gleich $\pm$ 0".146 wird.

Um zu erkennen, ob sich etwa in den für den Radius an den verschiedenen Tagen gefundenen Werthen ein Einfluss der Libration des Mondes bemerkbar mache, habe ich den geocentrischen Betrag derselben für die Mitte jedes Durchganges berechnet und oben mit angeführt. Es scheint kein solcher Einfluss vorhanden zu sein.

Wenn auch das eben abgeleitete Resultat nicht allzu unsicher erscheint, so sind doch die Grundlagen, auf denen es beruht, zum Theil nicht hinreichend sicher. Denn vergleicht man die oben angegebenen w. Fehler der aus den Bedeckungen berechneten $\triangle\pi$, so sieht man, dass dieselben in der Mehrzahl der Fälle 1" übersteigen, dass folglich die für die Tafelparallaxen gefundenen Correctionen nicht als wirkliche Verbesserungen derselben betrachtet werden können, und es somit für das Richtigere gehalten werden muss, die Bestimmung des Radius direct auf jene zu gründen. Wir werden deshalb in der folgenden Gesammtausgleichung auf die Ermittelung der $\triangle\pi$ verzichten.

Insgesammt liegen vor 540 Gleichungen mit den 28 Unbekannten $\triangle\alpha_1 \; \triangle\delta_1 \; \triangle\pi_1 \ldots \triangle\alpha_9 \; \triangle\delta_9 \; \triangle\pi_9$ und $\triangle r$, aus welchen die 19 Unbekannten $\triangle\alpha_1 \; \triangle\delta_1 \ldots \triangle\alpha_9 \; \triangle\delta_9$ und $\triangle r$ nach der Methode der kleinsten Quadrate als Functionen der neun übrigen $\triangle\pi_1 \ldots \triangle\pi_9$ bestimmt werden sollen; dabei ist entsprechend unserer Auffassung, dass die Beobachtungsfehler im Wesentlichen durch die Unregelmässigkeiten des Mondrandes verursacht werden, allen Gleichungen sämmtlicher Durchgänge dasselbe Gewicht zu ertheilen. Von den 19 aufzustellenden Endgleichungen sind 18 mit je den beiden ersten, für die einzelnen neun Tage oben angesetzten identisch, während die letzte aus der Summe der neun dritten (in denen zuvor $\triangle r_1 = \triangle r_2 \ldots = \triangle r_9 = \triangle r$ zu setzen ist) resultirt; es würde deshalb nur eine Wiederholung sein, wollten wir dieselben hier anführen.

Die folgende Zusammenstellung enthält die aus der stricten Auflösung dieser 19 Gleichungen hervorgehenden Werthe der gesuchten Unbekannten. Betreffs der Mondörter sei hier gleich bemerkt, dass zu den für die Mitten der Durchgänge geltenden Correctionen des Nautical Almanac die Verbesserungen, welche eventuell an die angenommenen Oerter der Alcyone angebracht werden sollen, einfach hinzuzufügen sind.

	Gewicht	w. Fehler ±	Corr. des Naut. Al.	Mitte des Durchgangs in m. Gr. Z.
$\Delta\alpha_1 = -0''.736 - 0.9518\,\Delta r' + 0.3871\,\Delta\pi_1$	27.774	0''.133	$-10''.34$	1839 III 19
$\Delta\delta_1 = -0.792 - 0.1697\,\Delta r' + 0.6593\,\Delta\pi_1$	14.613	0.183	-7.89	$9^h\ 8^m.6$
$\Delta\alpha_2 = -0.552 + 0.4533\,\Delta r' - 0.4939\,\Delta\pi_2$	30.946	0.126	-7.05	1841 VIII 10
$\Delta\delta_2 = +0.557 + 0.4500\,\Delta r' + 0.8308\,\Delta\pi_2$	24.260	0.142	-2.94	$11^h\ 59^m.55$
$\Delta\alpha_3 = +0.449 + 0.4882\,\Delta r' - 0.4410\,\Delta\pi_3$	13.058	0.194	-14.55	1857 X 6
$\Delta\delta_3 = -0.058 - 0.6063\,\Delta r' + 0.5837\,\Delta\pi_3$	9.766	0.224	-7.56	$8^h\ 4^m.2$
$\Delta\alpha_4 = +0.125 - 0.4980\,\Delta r' - 0.6916\,\Delta\pi_4$	12.737	0.196	-12.58	1857 XI 30
$\Delta\delta_4 = +0.942 - 0.8418\,\Delta r' + 0.4121\,\Delta\pi_4$	9.273	0.230	-6.06	$5^h\ 0^m.0$
$\Delta\alpha_5 = -8.492 - 0.9406\,\Delta r' - 0.0651\,\Delta\pi_5$	51.241	0.098	-8.49	1858 II 20
$\Delta\delta_5 = -5.185 + 0.5793\,\Delta r' + 0.6834\,\Delta\pi_5$	17.398	0.168	-5.18	$5^h\ 45^m.7$
$\Delta\alpha_6 = +0.467 - 0.0214\,\Delta r' - 0.4381\,\Delta\pi_6$	11.008	0.211	-12.88	1858 VIII 30
$\Delta\delta_6 = +2.107 + 1.1471\,\Delta r' + 0.8218\,\Delta\pi_6$	12.939	0.195	-6.67	$14^h\ 27^m.8$
$\Delta\alpha_7 = -0.560 - 0.8762\,\Delta r' + 0.3701\,\Delta\pi_7$	23.140	0.146	-4.56	1859 IV 6
$\Delta\delta_7 = -0.799 + 0.6638\,\Delta r' + 0.9060\,\Delta\pi_7$	9.777	0.224	-2.50	$6^h\ 53^m.4$
$\Delta\alpha_8 = +0.399 + 0.5649\,\Delta r' - 0.2889\,\Delta\pi_8$	67.909	0.085	-8.60	1860 IX 6
$\Delta\delta_8 = -0.058 + 0.1125\,\Delta r' + 0.5899\,\Delta\pi_8$	26.500	0.136	-0.06	$12^h\ 53^m.8$
$\Delta\alpha_9 = +0.768 + 0.1833\,\Delta r' - 0.5512\,\Delta\pi_9$	26.045	0.137	-11.23	1876 X 6
$\Delta\delta_9 = +0.271 + 0.2032\,\Delta r' + 0.6429\,\Delta\pi_9$	27.217	0.134	-3.73	$10^h\ 1^m.3$
$\Delta r = +0.349 + \Delta r'$	343.387	0.038		

wo $\Delta r' = -0.0209\,\Delta\pi_1 - 0.0381\,\Delta\pi_2 - 0.0166\,\Delta\pi_3 - 0.0120\,\Delta\pi_4 - 0.0394\,\Delta\pi_5 - 0.0092\,\Delta\pi_6 - 0.0125\,\Delta\pi_7 - 0.0795\,\Delta\pi_8 - 0.0473\,\Delta\pi_9$.

Werden diese Grössen für $\Delta\alpha_1 \ldots \Delta\delta_9$ und Δr — ohne Rücksicht auf die $\Delta\pi$ — in die linken Seiten der Bedingungsgleichungen eingeführt, so nehmen dieselben die im vorigen Abschnitt in der mit Δ überschriebenen

Columne gegebenen Werthe an. Die Summe derselben muss, wenn Alles richtig ist, gleich Null herauskommen; thatsächlich ergiebt sich mit befriedigender Uebereinstimmung $\Sigma\triangle = -0''.165$. Weiter folgt $\Sigma\triangle\triangle = 561.88$, woraus sich der wahrscheinliche Fehler Einer Beobachtung, gleich $0.67449 \sqrt{\frac{561.88}{540-19}} = \pm 0''.700$ berechnet. Mit diesem Werthe und den bei der Ausgleichung erhaltenen Gewichten sind die oben angesetzten wahrscheinlichen Fehler abgeleitet, welche selbstverständlich nur für den Fall gelten, dass man für die $\triangle\pi$ anderweitig her genaue Werthe einsetzen kann.

Für den Mondradius haben wir also, wenn von dem mit $\triangle r'$ bezeichneten Term abgesehen wird:

$$r = 15' \, 32''.936 \qquad \text{w. F.} \pm 0''.038$$
$$k = 0.272602 \qquad \text{w. F.} \pm 0.000011.$$

Die Darstellung der Beobachtungen, auch derjenigen vom beleuchteten Rande, ist, wie man aus den übrigbleibenden Fehlern $\triangle$ sieht, im Allgemeinen eine recht befriedigende zu nennen. Nur bisweilen ist bei einem Orte eine gewisse Constanz des Fehlers ausgesprochen; so namentlich 1860, IX 6 bei Wilna. Bildet man das arithmetische Mittel der $\triangle$, so erhält man hierfür bei den

193	Eintritten in den dunklen Rand:	$-0''.040$
218	Austritten aus dem „ „	$+0.085$
94	Eintritten in den hellen „	$+0.063$
35	Austritten aus dem „ „	$-0.482.$

Ein Vorherrschen des Zeichens giebt sich somit allein bei den Austritten aus dem hellen Rande zu erkennen, und zwar würde der Radius zu einer besseren Darstellung derselben vergrössert werden müssen. Die Ursache liegt hauptsächlich in den 14 Austrittsbeobachtungen des 4. und 7. Durchganges, indem bei deren Weglassung die Zahl $-0''.482$ in $-0''.021$ übergeht. Vergleicht man die betreffenden Beobachtungen selbst, so lässt sich nicht leugnen, dass dieselben, welche zwar gelungen zu sein schienen und zur Erzielung einer besseren Trennung der Unbekannten mitgenommen wurden, doch nicht frei von Bedenken sind, indem diejenigen von 1857, XI 30 nur 17 Stunden vor Eintritt des Vollmondes, die von 1859, IV 6 aber theils unter ungünstigen Verhältnissen, theils an etwas schwachen Fernröhren beobachtet

sind. Es empfiehlt sich deshalb, das letzte für den Radius gewonnene Resultat nochmals unter Ausscheidung der genannten beiden Durchgänge abzuleiten.[1]) Wir haben dann folgende sieben Werthe nach Massgabe der beigesetzten Gewichte zu combiniren:

Durchgang			Δr	Gewicht von Δr	Einfluss des Fehlers der Tafelparallaxe
1839	III	19	+ 0."267	27.97	— 0.2564 $\Delta\pi$
1841	VIII	10	+ 0.002	54.23	— 0.2419 $\Delta\pi$
1857	X	6	+ 0.369	22.68	— 0.2513 $\Delta\pi$
1858	II	20	+ 0.363	40.95	— 0.3306 $\Delta\pi$
1858	VIII	30	+ 0.451	13.45	— 0.2335 $\Delta\pi$
1860	IX	6	+ 0.375	87.67	— 0.3114 $\Delta\pi$
1876	X	6	+ 0.193	62.48	— 0.2602 $\Delta\pi$

Im Mittel erhält man hieraus: $\Delta r = +0.''264$ mit dem Gewicht 309.43 und dem w. Fehler $\pm 0.''040$, wenn der w. F. E. B. wie oben gleich $\pm 0.''70$ gesetzt wird. Es folgen:

$$r = 15' \, 32.''851 \qquad \text{w. F.} \pm 0.''040$$
$$k = 0.272577 \qquad \text{w. F.} \pm 0.000012.$$

Aus den Abweichungen der Einzelwerthe vom Mittel ergiebt sich, mit vortrefflicher Uebereinstimmung, der w. F. E. B. gleich $0.67449\sqrt{\frac{6.2311}{6}} = \pm 0.''687$, und der w. F. des Mittels gleich $\pm 0.''039$.

[1]) Man könnte es vielleicht für richtiger halten, beidemal nur die verdächtigen Momente von h. R. wegzulassen; das Resultat bliebe aber dasselbe, da die zwei allein auf Beobachtungen vom d. R. beruhenden Werthe den anderen gegenüber verschwindende Gewichte erhalten würden.

Anhang.

Einige Rechnungen, welche zur Vervollständigung der vorhergehenden nöthig schienen, deren schon geplante Ausführung aber anfangs hatte unterbleiben müssen, um vorliegende Arbeit — dieselbe verdankt ihre Entstehung einer Preisfrage — rechtzeitig abschliessen zu können, habe ich nachträglich noch durchgeführt, und will ihre Ergebnisse, die nicht ohne Interesse sein möchten, hier anhangsweise mittheilen.

Nachdem es sich herausgestellt hatte, dass die Parallaxen des Mondes nicht mit genügender Schärfe aus den Bedeckungen selbst abgeleitet werden konnten, schien es wünschenswerth, für die bei der Reduction benutzten Daten der Adams'schen Tafeln eine Controle zu haben, und diese bot sich in einfachster Weise in einer Neuberechnung derselben aus Hansen's Tables de la Lune dar. Ich habe deshalb aus diesen für jeden Durchgang (den letzten ausgenommen, da hier schon nach dem Naut. Almanac der Hansen'sche Werth angewandt war) für je drei auf einander folgende Stunden die Parallaxe berechnet, und gebe jetzt, da sich die stündlichen Aenderungen derselben durchgehends bis auf 0″01 mit den Annahmen (vgl. pag. 317 o.) identisch erwiesen haben, jedesmal nur das Mittel der drei gefundenen Unterschiede zwischen den Hansen'schen und den der Reduction zu Grunde gelegten Werthen im Sinne H.—Red. an:

			$\Delta\pi$
1839	III	19	— 0″280
1841	VIII	10	— 0.570
1857	X	6	— 0.603
1857	XI	30	+ 0.163
1858	II	20	— 0.520
1858	VIII	30	— 0.233
1859	IV	6	— 0.530
1860	IX	6	— 0.120 [1])

[1]) Der Unterschied Hansen-Adams ist hier in Wahrheit gleich —0″265; durch ein Versehen ist nämlich in der Reduction bei diesem Durchgange der Adams'sche, aus dem Naut. Alm. entnommene Parallaxenwerth als Winkel selbst betrachtet worden, während er, wie es auch sonst richtig geschehen ist, als Sinus desselben hätte genommen werden sollen.

Die Uebereinstimmung zwischen beiden Tafeln kann nicht besser verlangt werden, da der Unterschied ziemlich constant und im Durchschnitt der Differenz der beiderseitigen mittleren Parallaxen nahezu entsprechend ist. Will man die oben für Radius und Ort des Mondes abgeleiteten Resultate auf Hansen's System der Parallaxen reduciren, so sind daselbst nur für die $\Delta\pi$ die eben gefundenen Werthe mit ihren Zeichen einzusetzen.

Um weiter allen Anforderungen, welche man in Bezug auf die Verwerthung der Beobachtungen stellen kann, möglichst zu genügen, habe ich die Ausgleichung mit Weglassung sämmtlicher am beleuchteten Rande erhaltenen Momente wiederholt. Bei der verminderten Zahl der Bedingungsgleichungen, deren 411 — beruhend auf 193 Eintritten und 218 Austritten — übrig blieben, war jetzt noch weniger als oben an eine Bestimmung der Parallaxen zu denken, und beruhen die folgenden Resultate auf denselben Werthen für diese, wie die frühere Rechnung. Die Normalgleichungen konnten des schon beschränkten Raumes halber nicht mit angeführt werden. Wir haben:

	Corr. des Naut. Al.	Mitte des Durchgangs in m. Gr. Z.
$\Delta\alpha_1 = +\overset{''}{0}.447 - 1.2823\ \Delta r' + 0.3033\ \Delta\pi_1$	$-\ \overset{s}{9}.15$	1839 März 19
$\Delta\delta_1 = -\ 0.479 - 0.2483\ \Delta r' + 0.6345\ \Delta\pi_1$	$-\ 7.58$	$9^h\ 6^m.4$
$\Delta\alpha_2 = -\ 1.463 + 1.2153\ \Delta r' - 0.3068\ \Delta\pi_2$	$-\ 7.96$	1841 August 10
$\Delta\delta_2 = +\ 0.117 + 0.4563\ \Delta r' + 0.8244\ \Delta\pi_2$	$-\ 3.38$	$12^h\ 11^m.7$
$\Delta\alpha_3 = -\ 0.821 + 1.3739\ \Delta r' - 0.2147\ \Delta\pi_3$	$-\ 15.82$	1857 October 6
$\Delta\delta_3 = -\ 0.226 + 0.2533\ \Delta r' + 0.8242\ \Delta\pi_3$	$-\ 7.73$	$8^h\ 18^m.4$
$\Delta\alpha_4 = +\ 1.738 - 1.2040\ \Delta r' - 0.8708\ \Delta\pi_4$	$-\ 10.96$	1857 November 30
$\Delta\delta_4 = +\ 1.409 - 0.5652\ \Delta r' + 0.4956\ \Delta\pi_4$	$-\ 5.59$	$4^h\ 47^m.3$
$\Delta\alpha_5 = -\ 7.303 - 1.2552\ \Delta r' - 0.1718\ \Delta\pi_5$	$-\ 7.30$	1858 Februar 20
$\Delta\delta_5 = -\ 5.341 + 0.1235\ \Delta r' + 0.5379\ \Delta\pi_5$	$-\ 5.34$	$5^h\ 39^m.2$
$\Delta\alpha_6 = -\ 0.873 + 1.0793\ \Delta r' - 0.1915\ \Delta\pi_6$	$-\ 14.22$	1858 August 30
$\Delta\delta_6 = +\ 1.697 + 0.6348\ \Delta r' + 0.7140\ \Delta\pi_6$	$-\ 7.08$	$14^h\ 39^m.4$
$\Delta\alpha_7 = +\ 0.999 - 1.2639\ \Delta r' + 0.2687\ \Delta\pi_7$	$-\ 3.00$	1859 April 6
$\Delta\delta_7 = -\ 0.151 + 0.0084\ \Delta r' + 0.7340\ \Delta\pi_7$	$-\ 2.15$	$6^h\ 48^m.2$
$\Delta\alpha_8 = -\ 0.688 + 1.1704\ \Delta r' - 0.0998\ \Delta\pi_8$	$-\ 9.69$	1860 September 6
$\Delta\delta_8 = -\ 0.363 + 0.2271\ \Delta r' + 0.6330\ \Delta\pi_8$	$-\ 0.36$	$13^h\ 11^m.2$

$$\left.\begin{array}{l} \Delta\alpha_9 = -0\overset{''}{.}210 + 1.3872\,\Delta r' - 0.2202\,\Delta\pi_9 \\ \Delta\delta_9 = -0.178 + 0.3467\,\Delta r' + 0.6616\,\Delta\pi_9 \end{array}\right| \begin{array}{l} -12\overset{''}{.}21 \\ -\ \ 4.18 \end{array}\Big\}\quad \begin{array}{c} \text{1876 October 6} \\ 10^h\,24^m\!.3 \end{array}$$

$\Delta r = -0.582 + \Delta r'$, Gewicht 17.63.

wo $\Delta r' = -0.0394\,\Delta\pi_1 - 0.0433\,\Delta\pi_2 - 0.0155\,\Delta\pi_3 - 0.0007\,\Delta\pi_4$
$- 0.0082\,\Delta\pi_5 - 0.0166\,\Delta\pi_6 - 0.0242\,\Delta\pi_7 - 0.0437\,\Delta\pi_8$
$- 0.0288\,\Delta\pi_9$ ($= + 0\overset{''}{.}071$ bei Einsetzung der $\Delta\pi$ nach Hansen).

Die nach Einführung dieser Werthe für $\Delta\alpha_1 \,..\, \Delta\delta_9$ und Δr (unter Weglassung der die $\Delta\pi$ enthaltenden Terme) übrig bleibenden Fehler sind oben bei den Bedingungsgleichungen in der letzten mit Δ' überschriebenen Columne angegeben. Ihre Summe ist $-0\overset{''}{.}09$; die Summe ihrer Quadrate 338.68, woraus der wahrscheinliche Fehler Einer Beobachtung am dunklen Rand gleich $0.67449\sqrt{\frac{338.68}{411-19}} = \pm\, 0\overset{''}{.}627$ folgt.

Um zu zeigen, wie jetzt die Resultate, welche die Durchgänge einzeln für die Verbesserung des Radius liefern, unter einander stimmen, führe ich dieselben hier an:

Durchgang	Zahl der Momente	Δr	Gewicht von Δr	Einfluss des Fehlers der Tafelparallaxe
1839 III 19	52 E	$-0\overset{''}{.}563$	2.82	$-0.2470\,\Delta\pi$
1841 VIII 10	49 A	-1.064	3.11	$-0.2458\,\Delta\pi$
1857 X 6	18 A	-0.246	1.32	$-0.2077\,\Delta\pi$
1857 XI 30	22 E	-0.208	0.71	$-0.0184\,\Delta\pi$
1858 II 20	83 E	-0.600	1.48	$-0.0974\,\Delta\pi$
1858 VIII 30	27 A	-0.801	1.42	$-0.2063\,\Delta\pi$
1859 IV 6	36 E	-1.741	1.35	$-0.3150\,\Delta\pi$
1860 IX 6	86 A	-0.008	2.95	$-0.2617\,\Delta\pi$
1876 X 6	38 A	-0.200	2.47	$-0.2054\,\Delta\pi$

Im Mittel mit Rücksicht auf die Gewichte erhält man hieraus, wie bereits oben angegeben, $\Delta r = -0\overset{''}{.}582$ (oder $= -0\overset{''}{.}598$, falls die 22 Eintritte von 1857 XI 30, welche nur ca. 18 Stunden vor Eintritt des Vollmondes beobachtet, und deshalb nicht ganz unverdächtig sind, weggelassen werden sollen), mit dem Gewicht 17.63 und dem wahrscheinlichen Fehler

± 0″149, wenn der w. F. E. B. nach Obigem gleich ± 0″627 angenommen wird. Es folgt somit:

$$r = 15' \; 32''005 \qquad \text{w. F.} \pm 0''149$$
$$k = 0.272330 \qquad \text{w. F.} \pm 0.000044.$$

Aus den Abweichungen der Einzelwerthe vom Mittel berechnet sich der w. F. E. B. zu nur ± 0″488, und der w. F. des Mittels gleich ± 0″116.

Ueberraschend ist bei diesem Ergebnisse sowohl der Betrag, als besonders auch die Sicherheit desselben; denn obgleich sich die Gewichte zum Theil auf $^1/_{30}$ der bei der früheren Ausgleichung erhaltenen reducirt haben, ist die Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Werthen doch eine solche, dass man ihr Mittel ohne Zweifel als ein beachtenswerthes Resultat für den Mondradius gelten lassen muss. Dasselbe ist gegen das oben pag. 355 aus den Momenten von beiden Rändern abgeleitete um den bedeutenden, die Grenzen der wahrscheinlichen Fehler weit übersteigenden Betrag von 0″846 kleiner, für welchen Unterschied nicht leicht triftige Gründe beizubringen sind. Eben deshalb ist auch die Frage, welches von beiden Resultaten vorzuziehen sei, schwer zu beantworten. Begründete Bedenken scheinen allerdings zunächst nur gegen das erste vorzuliegen, zu dessen Herleitung die Beobachtungen vom hellen Rand herangezogen sind; denn trotz aller bei der Auswahl derselben angewandten Vorsicht muss man befürchten, dass noch bei mancher von ihnen nicht die wirkliche Bedeckung beobachtet, sondern der Stern von dem durch das helle Mondlicht geblendeten Auge bei Eintritten zu zeitig verloren und bei Austritten zu spät erblickt worden sei. Ein Fehler, den man auch, wenn man will, eine Wirkung der Irradiation nennen mag, mit welchem Wort ja schon die verschiedenartigsten Erscheinungen bezeichnet worden sind.

Vermuthungen lassen sich sonst wohl noch manche über die Ursache jenes Unterschiedes aufstellen, und sind es besonders zwei bei der Reduction gemachte Voraussetzungen, welche Verdacht erregen könnten, nämlich die der Constanz der Tafelfehler und der genauen Kreisform des Querschnittes des Mondes. Gegen die erstere spricht beispielsweise ein in den übrig bleibenden Fehlern bei Durchgang VIII, wenn dieselben der Zeit nach geordnet werden, angedeuteter Gang; doch liesse sich auf diese Weise wohl nur ein Theil der ganzen Differenz erklären, und ist es ausserdem auch schwer einzusehen,

warum der Fehler zu den verschiedenen Tagen und Phasen immer in demselben Sinne ausfallen sollte. Was aber die zweite betrifft, so liegt bislang noch kein Grund für die Annahme einer merklichen, wenn auch sehr geringen, Abplattung des Mondes vor; wiederholte Vermessungen der total verfinsterten Scheibe mittelst hinreichend starker Heliometer möchten hierüber am ehesten Gewissheit verschaffen können.

Man vergesse bei alledem nicht, dass die beiden für den Radius gefundenen Werthe auf ganz verschiedenen Mondörtern beruhen. Leider können hier die an Meridiankreisen oder Altazimutinstrumenten erhaltenen Bestimmungen der letzteren keine entscheidende Stimme haben, da sie selbst weder einwurfsfrei noch scharf genug sind.

Die zweite, allein die Beobachtungen vom dunklen Rand berücksichtigende Auflösung stellt dieselben übrigens, wie man bei einer Vergleichung der Reihen der übrig bleibenden Fehler $\triangle$ und $\triangle'$ mit einander sieht, doch nur sehr wenig besser dar, als die erste: die Summe der Fehlerquadrate hat sich von 317.32 blos auf 303.40 vermindert. Bei den Momenten vom erleuchteten Rand aber würden ihr zufolge die Sterne in einem Randabstande von im Mittel bei den 94 Eintritten 1.″68 und bei den 21 Austritten 1.″81 beobachtet worden sein. —

Bilden wir bei der ersten Ausgleichung das mittlere Fehlerquadrat für Beobachtungen vom dunklen und für solche vom hellen Rand, so ergiebt sich 0.899 resp. 1.401: da die letzteren also wesentlich ungenauer sind, hätten sie, vorausgesetzt, dass sie von einem constanten Fehler frei seien, den ersteren gegenüber auch nur ein entsprechend geringeres Gewicht erhalten sollen.[1]) Da es nicht uninteressant schien, zu sehen, wie sich das Resultat unter Berücksichtigung dieses Umstandes gestalten möchte, habe ich die Rechnung in der Art wiederholt, dass den Momenten vom dunklen Rand das Gewicht 1, den vom hellen das Gewicht $^1/_2$ ertheilt wurde. Für die Verbesserung des Halbmessers wird dann gefunden:

---

[1]) Zwischen Eintritten und Austritten zeigt sich kein beachtenswerther Unterschied; die Austritte scheinen wider Erwarten etwas genauer beobachtet zu sein.

Durchgang			Δr	Gewicht von Δr	Einfluss des Fehlers der Tafelparallaxe	$\Delta\pi$ nach Hansen	Δr nach Einsetzung von $\Delta\pi$
1839	III	19	+ 0″.201	16.29	− 0.2556 $\Delta\pi$	− 0″.280	+ 0″.273
1841	VIII	10	− 0.041	32.65	− 0.2418 $\Delta\pi$	− 0.570	+ 0.097
1857	X	6	+ 0.331	14.96	− 0.2519 $\Delta\pi$	− 0.603	+ 0.483
1858	II	20	+ 0.332	23.41	− 0.3233 $\Delta\pi$	− 0.520	+ 0.500
1858	VIII	30	+ 0.401	9.48	− 0.2294 $\Delta\pi$	− 0.233	+ 0.454
1860	IX	6	+ 0.364	51.70	− 0.3104 $\Delta\pi$	− 0.120	+ 0.401
1876	X	6	+ 0.173	39.90	− 0.2598 $\Delta\pi$	0	+ 0.173
			+ 0″.234	188.39			+ 0″.310

Hier stimmen die nach Einführung der Hansen'schen Parallaxen erhaltenen Werthe (letzte Columne) zwar nicht besser unter einander überein, als die ursprünglichen, verdienen aber doch wegen ihrer homogeneren Grundlage vor jenen den Vorzug. Ihr Mittel ist: $\Delta r = +0''.310$ mit dem Gewicht 188.39 und dem w. Fehler $\pm 0''.051$, wenn der w. F. E. B. wieder gleich $\pm 0''.70$ gesetzt wird; aus den Abweichungen vom Mittel ergiebt sich der w. Fehler des letzteren zu $\pm 0''.041$. — Es folgt weiter $\Delta k = 0.0002922 \times \Delta r = +0.0000907$, also $k = 0.2725907$; hiermit erhält man, wenn jetzt die Constante der Parallaxe gleichfalls nach Hansen angenommen wird, den Winkel, unter welchem der Radius in mittlererer Entfernung erscheint, $r = 15' \, 32''.84$.

Zur leichteren Vergleichung dieses Resultates mit dem vorher gefundenen sind beide unten nochmals neben einander angeführt, und zwar stehen unter I. die Ergebnisse der vorigen Ausgleichung, in welcher von allen neun Durchgängen nur die am dunklen Rand beobachteten Momente benutzt sind, unter II. dagegen die der letzten, wo bei sieben Durchgängen den Beobachtungen vom dunklen Rand je das Gewicht 1, den vom hellen je das Gewicht $^1/_2$ ertheilt ist, während die Bedeckungen von 1857 XI 30 und 1859 IV 6 ganz unbeachtet geblieben sind; beidemal sind die Hansen'schen Parallaxen zu Grunde gelegt, und ist ebenso die mittlere Parallaxe nach Hansen gleich $57' \, 2''.274$ angenommen worden.

	I.	II.
k =	0.272351	0.272591
log k =	9.435129	9.435511
r =	15′ 32″.02	15′ 32″.84
	± 0.15	± 0.05
d =	31′ 4″.04	31′ 5″.68
D =	468.137	468.549.

Wie früher bedeutet hier k den Mondradius in Halbmessern des Erdäquators, r und d die Winkel, unter welchen Radius und Durchmesser des Mondes vom Erdcentrum in mittlerer Entfernung gesehen werden, und D den Durchmesser desselben in geographischen (15 auf 1°) Meilen. —

Es erübrigt noch die Angabe der zu II. gehörigen Mondörter. — Führt man den Werth r = 15′ 32″.84 und die Parallaxen nach Hansen ein, so liefern die Ausgleichungen, bei denen die Beobachtungen am hellen Rand von 1857 XI 30 und 1859 IV 6 aus den früher angegebenen Gründen unbeachtet bleiben, und die von den übrigen Tagen mit dem Gewicht ½ hinzugezogen werden, folgende Correctionen der Mondörter des Nautical Almanac:

1839 März 19, $9^h\ 7^m.6$ m. Gr. Z.	$\Delta\alpha = -10''.40 - 1.105\,\Delta r + 0.348\,\Delta\pi$ $\Delta\delta = -8.03 - 0.206\,\Delta r + 0.648\,\Delta\pi$
1841 August 10, $12^h\ 4^m.6$	$\Delta\alpha = -6.75 + 0.762\,\Delta r - 0.418\,\Delta\pi$ $\Delta\delta = -3.44 + 0.476\,\Delta r + 0.834\,\Delta\pi$
1857 October 6, $8^h\ 9^m.6$	$\Delta\alpha = -14.36 + 0.802\,\Delta r - 0.362\,\Delta\pi$ $\Delta\delta = -7.91 - 0.391\,\Delta r + 0.646\,\Delta\pi$
1857 November 30, $4^h\ 47^m.3$	$\Delta\alpha = -12.18 - 1.204\,\Delta r - 0.871\,\Delta\pi$ $\Delta\delta = -6.01 - 0.565\,\Delta r + 0.496\,\Delta\pi$
1858 Februar 20, $5^h\ 42^m.7$	$\Delta\alpha = -8.38 - 1.081\,\Delta r - 0.113\,\Delta\pi$ $\Delta\delta = -5.54 + 0.393\,\Delta r + 0.624\,\Delta\pi$
1858 August 30, $14^h\ 32^m.9$	$\Delta\alpha = -12.91 + 0.314\,\Delta r - 0.363\,\Delta\pi$ $\Delta\delta = -6.84 + 1.006\,\Delta r + 0.793\,\Delta\pi$
1859 April 6, $6^h\ 48^m.2$	$\Delta\alpha = -4.27 - 1.264\,\Delta r + 0.269\,\Delta\pi$ $\Delta\delta = -2.53 + 0.008\,\Delta r + 0.734\,\Delta\pi$
1860 September 6, $13^h\ 1^m.3$	$\Delta\alpha = -8.61 + 0.821\,\Delta r - 0.209\,\Delta\pi$ $\Delta\delta = -0.18 + 0.163\,\Delta r + 0.609\,\Delta\pi$
1876 October 6, $10^h\ 9^m.8$	$\Delta\alpha = -11.15 + 0.591\,\Delta r - 0.440\,\Delta\pi$ $\Delta\delta = -3.78 + 0.308\,\Delta r + 0.664\,\Delta\pi$

Welche Fehler die Beobachtungen nach Einsetzung dieser Grössen übrig lassen, habe ich nicht berechnet; sie werden sehr nahe wie die Δ verlaufen und etwas kleiner als diese sein. —

Dürfen die Hansen'schen Parallaxen bezüglich der Ungleichheiten als fehlerfrei angesehen werden, so ergeben dieselben Ausgleichungen folgende Verbesserungen der mittleren Parallaxe mit den nebenstehenden Gewichten:

	$\Delta\pi_0$	Gewicht
	+ 5.″47	0.132
	+ 3.73	0.145
	— 2.47	0.068
	+ 3.78	0.231
	— 1.36	0.808
	— 0.73	0.253
	— 0.35	0.159
	+ 1.20	0.969
	— 2.24	0.130
Mittel:	+ 0.″52	Gew. 2.895.

Aus den Abweichungen vom Mittel erhält man den w. Fehler dieses gleich ± 0.″50. Es folgt also der Winkelwerth der mittleren Parallaxe (bezogen auf die Abplattung $\frac{1}{299{,}15}$):

$$\pi_0 = 57'\ 2.''79 \qquad \text{w. F.} \pm 0.''50,$$

ein Resultat, welches nur der Curiosität halber abgeleitet worden ist, denn auf irgend welche Beachtung kann es keinen Anspruch erheben; es hätte dann auch der Einfluss des Fehlers der angenommenen Abplattung berechnet werden müssen.

Die Sicherheit desselben ist, wenn man die für eine Parallaxenbestimmung fast durchgängig höchst unvortheilhafte Gruppirung der Beobachtungsorte bedenkt, immerhin eine derartige, dass man der bereits vor längerer Zeit von anderer Seite ausgesprochenen Ansicht, es möchten die Plejadenbedeckungen auch in dieser Hinsicht nutzbar werden können, wohl beipflichten kann. Gewiss ist aber auch, dass hier nur dann ein Erfolg erwartet werden kann, wenn die Beobachtung dieser Erscheinungen eine allgemeinere und angemessenere,

als sie bisher meist gewesen ist, sein wird; namentlich ist die Betheiligung der südlichen Sternwarten und die Anwendung grosser Instrumente — deren jetzt ja aller Orten aufgestellt werden — unumgänglich nothwendig. Leider ist, da die jetzige Periode von Plejadenbedeckungen demnächst zu Ende geht, die Zeit augenblicklich für die Aeusserung eines diesbezüglichen Wunsches nicht günstig gewählt; das Interesse aber, welches sich an seine Erfüllung rücksichtlich auch der anderen noch unentschieden gebliebenen Fragen knüpft, rechtfertige es, wenn derselbe hier nochmals ausgesprochen wird.